

Dell EMC HPC System for Manufacturing – システムアーキテクチャおよびアプリケーションの パフォーマンス

この Dell EMC のテクニカルホワイトペーパーでは、Dell EMC HPC System for Manufacturing のアーキテクチャについて説明し、ANSYS® Fluent®、ANSYS Mechanical™、CD-adapco® STAR-CCM+®、LSTC LS-DYNA® ならびに NICE DCV、および EnginFrame パフォーマンスのベンチマークにおける結果および分析について議論します。

Garima Kochhar
Joshua Weage
Dell EMC HPC Engineering
2016年7月

改定履歴

日付	内容
2016年7月	初版

このホワイトペーパーは情報提供のみを目的としており、誤字・脱字や技術上の誤りが含まれる場合があります。本書は現状のまま提供され、明示または黙示に関わらず保証を行うものではありません。

Copyright © 2016 Dell EMC Inc. All rights reserved. Dell EMC および Dell EMC ロゴは、米国および/またはその他の国における、Dell EMC Inc.の商標です。本文書で触れる、他の全ての商標および商標名はそれぞれの所有者に帰属します。

目次

1	イントロダクション	5
2	システムビルディングブロック	6
2.1	インフラストラクチャサーバ	6
2.2	陽解法ビルディングブロック	7
2.3	陰解法ビルディングブロック	8
2.4	陰解法 GPGPU ビルディングブロック	8
2.5	仮想デスクトップインフラストラクチャサーバ	9
2.6	Dell EMC NSS-HA ストレージ	10
2.7	Dell EMC IEEL ストレージ	10
2.8	システムネットワーク	11
2.9	VDI ソフトウェア	12
2.10	クラスタソフトウェア	12
2.11	サービスおよびサポート	12
3	リファレンスシステム	13
4	システムのパフォーマンス	15
4.1	STREAM	15
4.2	HPL	15
4.3	ANSYS Fluent	16
4.4	ANSYS Mechanical	22
4.5	CD-adapco STAR-CCM+	32
4.6	LSTC LS-DYNA	38
5	システムの電力要件	43
6	仮想デスクトップインフラストラクチャ	50
7	まとめ	54

エグゼクティブサマリー

このテクニカルホワイトペーパーでは、製造分野におけるアプリケーションのための特別なビルディングブロックから成る、Dell EMC HPC System for Manufacturing のアーキテクチャについて説明します。本書内で、CFD および FEA アプリケーションのサンプル、およびシステムの電力特性の詳細なパフォーマンスの結果が示されています。また、仮想デスクトップインフラストラクチャの機能についても説明、検証されています。

1 イントロダクション

このテクニカルホワイトペーパーでは Dell EMC HPC System for Manufacturing について説明します。このシステムは、製造分野における特定のアプリケーション向けに設定されたビルディングブロックから成っています。利用可能なビルディングブロックには、インフラストラクチャ、ストレージ、陽解法ソルバ、陰解法ソルバ、および陰解法が一般的用途の GPU ソルバコンポーネントが含まれます。個々のビルディングブロックは、特定ユーザのワークロードやユースケースごとに理想的な HPC システムをデザインし、組み合わせることができます。

Dell EMC HPC System for Manufacturing のアーキテクチャ、ビルディングブロック、およびデザインの実装に関する根拠はセクション2で示されています。セクション3ではシステム構成、ソフトウェアおよびアプリケーションのバージョン、Dell EMC HPC System for Manufacturing のパフォーマンス収集、分析に使用されるベンチマークのテストケースを説明します。セクション4ではシステムの機能を定量化し、4つの CAE アプリケーションからベンチマークのパフォーマンスを示します。ベンチマークに使用されるアプリケーションには、ANSYS® [Fluent®](#)、ANSYS [Mechanical™](#)、CD-adapco® [STAR-CCM+®](#) および LSTC [LS-DYNA®](#) が含まれます。セクション5では、ソルバビルディングブロックの電力要件を詳細に記載し、セクション6ではシステムで利用可能な仮想デスクトップインフラストラクチャの機能について議論します。

2 システムビルディングブロック

Dell EMC HPC System for Manufacturing は、前もって調整されたビルディングブロックを利用して組み立てられます。利用可能なビルディングブロックには、インフラストラクチャサーバ、ストレージ、ネットワーク、仮想デスクトップインフラストラクチャ (VDI) およびアプリケーション固有の計算処理におけるビルディングブロックが含まれます。これらのビルディングブロックは、製造分野での一般的なアプリケーションやワークロードの優れたパフォーマンスを提供するために前もって調整されています。ビルディングブロックのアーキテクチャは、標準化された分野特有のビルディングブロックを使用しつつ、特定のエンドユーザの要望を満たす HPC システムのカスタムを可能にします。このセクションでは、システム構成の論理的根拠に基づいた、利用可能なビルディングブロックを説明します。

2.1 インフラストラクチャサーバ

インフラストラクチャサーバは、システムの管理およびユーザアクセスに使用されます。計算処理やストレージに積極的な関与を行いませんが、HPC のシステム全体にとって重要なサービスを提供します。通常、これらのサーバはマスターノードとログインノードとなります。

小規模クラスタでは、単一の物理サーバがこれら全ての機能を提供することができます。また、NFS を使ってストレージにも使用することができますが、この場合、追加ディスクまたは外部ストレージアレイを使用して構成する必要があります。

1つのマスターノードが必須であり、システムの導入および管理を必要とします。高可用性が必要な場合、2つのマスターノードが必要となります。ログインノードはオプションで、1つのログインサーバにつき30-100ユーザが推奨されます。

インフラストラクチャサーバの推奨構成は以下の通りです。

- PowerEdge R630 サーバ
- デュアルインテル® Xeon® E5-2680 v4 プロセッサ
- 128GB メモリ、16GB 2400 MT/s DIMM 8枚
- PERC H730 RAID コントローラ
- RAID 1 で 600GB 10K SAS ドライブ2個
- iDRAC Enterprise
- 1100W 電源2個
- EDR InfiniBand (オプション)

以下にインフラストラクチャサーバの推奨構成を説明します。PowerEdge R630 サーバはこの役割に最適です。クラスタはごく小さなインフラストラクチャサーバしか持たず、密度よりも管理性がより重要になります。インテル Xeon E5-2680 v4 プロセッサはこの役割にとって十分な性能を持つ mid-bin 120W の14 コア CPU です。16GB DIMM 8個を使用する 128GB メモリは、優れたメモリ帯域幅を提供しつつも、GB あたりの最小限のコストで、十分なメモリ容量を提供します。これらのサーバはそこまでの I/O の実行を期待できないため2個のディスクで十分で、これらサーバ上の OS 保護には RAID 1 が使われています。小規模なシステム (4ノード未満) では、ギガビットイーサネットのネットワークで十分な性能を発揮できる可能性があります。他のほとんどのシステムの場合、ノードコミュニケーションまたは、NISS または IEEL ストレージソリューションのため、高スループット、低レイテンシファブリックを提供する EDR InfiniBand がデータ相互接続に選択されます。

2.2 陽解法ビルディングブロック

通常、陽解法ビルディングブロック (Explicit Building Block : EBB) サーバは、Abaqus/Explicit、ANSYS Fluent、CD-adapco STAR-CCM+、Exa PowerFLOW[®] および LSTC LS-DYNA など、CFD および陽解法 FEA ソルバに使用されます。一般的にこれらのアプリケーションは多くのプロセッサコアや複数のサーバに渡って、優れたスケーリングをもたらします。通常、メモリ容量の要件は控えめで、これらのソルバは解決中に最小限のディスク I/O を実行します。多くの工業用 HPC システムのサーバの大多数には EBB が使用されています。

EBB の推奨構成は以下の通りです。

- PowerEdge C6320 サーバ
- デュアルインテル Xeon E5-2697A v4 プロセッサ
- 128GB メモリ、16GB 2400 MT/s DIMM 8枚
- メザニン SAS RAID コントローラ
- RAID 0 で 600GB 10K SAS ドライブ2個
- iDRAC Express
- シャーシ内で 1600W 電源2個
- EDR InfiniBand (オプション)

以下に EBB サーバの推奨構成を説明します。大半のシステムのサーバで最も多くを占めるのが EBB サーバであり、稠密なソリューションが重要であることから、PowerEdge C6320 を選択することが重要です。インテル Xeon E5-2697A v4 プロセッサは 2.6GHz で動作する16コア CPU で、最大コアターボ周波数は 3.1GHzです。1サーバあたり32個というコア数が、コアごとの優れたメモリ帯域幅と2つのコア量の能力と共に、稠密なコンピューティングソリューションを提供します。EBB アプリケーションは通常、CPU に結び付けられるため、3.1 GHz の最大コアターボ周波数のすべてが重要です。この CPU モデルが、CPU コアとコアスピードの最高のバランスを提供します。16GB DIMM 8枚を使用する 128GB メモリは、優れたメモリ帯域幅を提供しつつも、GB あたりの最小限のコストで、十分なメモリ容量を提供します。関連するアプリケーションは、通常解決時には限定された I/O を実行するため、システムは SAS メザニンカードを使い、PCIe スロットを EDR InfiniBand HCA 用に残し、RAID 0 による2個のディスクで構成されています。コンピューティングノードには広範な OOB 管理機能は必要ないため、iDRAC Express で十分です。小規模なシステム (4ノード未満) では、ギガビットイーサネットのネットワークで十分な性能を発揮できる可能性があります。他のほとんどのシステムの場合、ノードコミュニケーションまたは、NISS または IEEL ストレージソリューションのために、高スループット、低レイテンシファブリックを提供する EDR InfiniBand がデータ相互接続に選択されます。

インテル Xeon E5-2697A v4 プロセッサは、多くの FEA および CFD ソルバにとって良い選択肢です。しかし、EBB システムに使用される特定のプロセッサモデルは、アプリケーション要件に基づき選択することができます。インテル Xeon E5-2667 v4 プロセッサはコアのパフォーマンスの最大値が重要なケースでは良い選択肢です。このプロセッサは、ISV ソフトウェアライセンスにかかるコストを最小限に抑えるのにも適しています。こちらは検証されていない EBB 構成ですが、パフォーマンスは非 I/O 集約型アプリケーション向けの陰解法ビルディングブロックと似ているはずですが。

2.3 陰解法ビルディングブロック

通常、陰解法ビルディングブロック (Implicit Building Block : IBB) サーバは、Abaqus/Standard、Altair OptiStruct[®]、ANSYS Mechanical[™]、MSC[™] Nastran[™] および NX[®] Nastranなど、陰解法 EFA ソルバに使用されます。これらのアプリケーションは、一般的に大規模なメモリ要件を持っており、EBB アプリケーションのコアとしてスケーリングされません。また、大規模なディスク I/O コンポーネントを持つことがよくあります。

IBB の推奨構成は以下の通りです。

- PowerEdge R630 サーバ
- デュアルインテル Xeon E5-2667 v4 プロセッサ
- 512GBメモリ、32GB 2400 MT/s DIMM 16枚
- PERC H730 ディスクコントローラ
- RAID 0 で 300GB 15K SAS ドライブ8個
- iDRAC Express
- 1100W 電源2個
- EDR InfiniBand (オプション)

以下に IBB サーバの推奨構成を説明します。通常、システムに IBB サーバが使われる割合は少なく、下で示すようにメモリおよびディスク要件のため、1U PowerEdge R630 が良い選択となります。特にクラスターが C6300 シャーシを満たすだけの IBB サーバが4台未満であった場合、稠密な PowerEdge C6320 は必要ありません。インテル Xeon E5-2667A v4 プロセッサは 3.2GHz で動作する16コア CPU で、最大コアターボ周波数は 3.5GHz です。E5-2667 v2 は、Ivy Bridge タイムフレームの IBB においてとてもポピュラーな選択で、この SKU の v4 Broadwell バージョンは、v3 Haswell バージョンの多くの欠点に対処しています。サーバ内の16コアは、多数のコアに対応しない IBB ワークロードにとって十分であり、最大 3.5GHz の全コアターボ周波数は、Broadwell プロセッサを最も高速に稼働させているものの1つです。E5-2667 v4 は、コアごとに十分なメモリ帯域幅を提供します (CPU あたり117GB/s)。32GB DIMM はメモリ帯域幅を最大化するため、これらアプリケーションに必要な大容量メモリをチャンネルあたり 2 DIMM 構成で提供するために使用されます。IBB アプリケーションは、大規模なディスク I/O の要件があり、RAID 0 で8個の 15K SAS ディスクが、高速なローカル I/O を提供するために使用されます。コンピューティングノードには広範な OOB 管理機能は必要ないため、iDRAC Express で十分です。

多くのユースケースでは、アプリケーションが単一の IBB でのみ必要とされるため、InfiniBand は IBB に通常必要ありませんが、マルチサーバ分析または、NSS または IEEL ストレージソリューションへのアクセスを可能にするため、InfiniBand HCA を追加することができます。

2.4 陰解法 GPGPU ビルディングブロック

いくつかの IBB 関連のアプリケーションは GPU 対応で、GPU アプリケーションを利用するユーザをサポートするため、IBB の GPU バージョンを利用することができます。通常、IBB サーバのように、陰解法 GPGPU ビルディングブロック (Implicit GPGPU Building Block : IGPGPUBB) は、Abaqus/Standard、Altair OptiStruct、ANSYS Mechanical、MSC Nastran および NX Nastran など、陰解法 FEA ソルバに使用されます。IGPGPUBB サーバは GPUを追加した IBB と同様の要件を備えています。

IGPGPUBB の推奨構成は以下の通りです。

- PowerEdge R730 サーバ
- デュアルインテル Xeon E5-2680 v4 プロセッサ
- 256GBメモリ、16GB 2400 MT/s DIMM 16個
- PERC H730 ディスクコントローラ
- RAID 0 で 300GB 15K SAS ドライブ8個
- iDRAC Express
- 1100W 電源2個
- NVIDIA® Tesla® K80 1個
- EDR InfiniBand (オプション)

以下に IGPGPUBB サーバの推奨構成を説明します。NVIDIA Tesla K80 をサポートするために、PowerEdge R730 が必要になります。関連する GPU 対応のアプリケーションは通常、2個の GPU を超えてスケーリングしないため、K80 1つで十分です。インテル Xeon E5-2680 v4 プロセッサは 2.4GHz で動作する14コア CPU で、最大コアターボ周波数は 2.9GHz です。GPU は IGPGPUBB に大きな計算能力を提供しているため、ハイエンドな CPU は必要ありません。E5-2680 v4 は費用対効果が高い mid-bin プロセッサで、このサーバに十分です。

IBB は 32GB DIMM を使用しますが、IGPGPUBB の場合、GPU を最適化したワークロードに対しては 16GB DIMM で十分です。チャンネルにつき DIMM 2枚で 16GB DIMM の構成が、バランスのとれたメモリ容量 (256GB) およびメモリ帯域幅を提供します。RAID 0 の 15K SAS ディスク8個が、大規模なディスク I/O 要件をサポートするために使用されます。コンピューティングノードには広範な OOB 管理機能は必要ないため、iDRAC Express で十分です。

多くのユースケースでは、アプリケーションが単一のサーバでのみ必要とされるため、通常 InfiniBand は IGPGPUBB に必要ありませんが、複数サーバ分析または、NSS や IEEL ストレージソリューションへのアクセスを可能にするため、InfiniBand HCA を追加することができます。

2.5 仮想デスクトップインフラストラクチャサーバ

仮想デスクトップインフラストラクチャ (VDI) サーバは、コンピューティングリソースと同じ場所に配置されたリモートデスクトップサービスを提供します。これにより可視化したリソースの中央管理を可能にし、データセンターからのデータの移動を省けます。ユーザは、データセンターと同じ建物内に設置することも、ネットワークにアクセスできる場所であれば場所を問わず設置することもできます。HPC システムのリソースへ直接アクセスしながら、あたかもローカルワークステーションで業務を行っているかのように、ユーザに視覚的かつインタラクティブなエクスペリエンスを提供することを目指しています。VDI が必要な場合、HPC System for Manufacturing で複数の VDI サーバを構成することができ、1~4名のパワーユーザまたは1~16名のスタンダードユーザに対し1台の VDI サーバを含めることを推奨しています。

VDI サーバの推奨構成は以下の通りです。

- PowerEdge R730 サーバ
- デュアルインテル Xeon E5-2680 v4 プロセッサ
- 512GBメモリ、32GB 2400 MT/s DIMM 16枚
- PERC H730 ディスクコントローラ
- RAID 1 で 600GB 10K SAS ドライブ2個 (オペレーティングシステム用)
- RAID 0 で 600GB 10K SAS ドライブ4個 (ローカル一時ストレージ用)

- QLogic 10 GbE ネットワークドーターカード
- iDRAC Express
- 1100W 電源2個
- NVIDIA GRID® K2 1個
- EDR InfiniBand (オプション)

以下に VDI サーバの推奨構成を説明します。PowerEdge R730 は、ハードウェア3Dグラフィックスアクセラレーションを提供するために使用される、NVIDIA GRID K2 をサポートする必要があります。2.4GHz で動作する14コア CPU (最大コアターボ 2.9GHz) のインテル Xeon E5-2680 v4 プロセッサは、VDI 向けの費用対効果の高いプロセッサで、インフラストラクチャのビルディングブロックサーバとの一貫性を提供します。VDI システムは、複数のユーザをサポートするために大きなメモリを必要とするため、32GB DIMM が必要になり、チャンネルあたり 2 DIMM の構成で使用可能なメモリ帯域幅が最大となります。600GB の 10K ドライブが十分な性能と容量をもたらす、インフラストラクチャ、VDI および EBB サーバ間の共有を可能にします。10 GbE NDC は、複数の同時接続を行うユーザに十分なネットワーク帯域幅を提供することが推奨されます。iDRAC Express で提供されるマネジメント機能は VDI に十分です。

InfiniBand は、VDI システムではオプションですが、NSS または IEEL ストレージソリューションへのアクセスには InfiniBand HCA が必要です。

2.6 Dell EMC NSS-HA ストレージ

Dell EMC NFS Storage Solution (NSS) が、ユーザのホームディレクトリおよびアプリケーションデータのプライマリストレージとして使用可能な、調整された NFS ストレージオプションを提供します。現在の NSS のバージョンは 240TB または 480TB の RAW ディスク容量のオプションが付く NSS7.0-HA です。NSS はオプションのコンポーネントで、NSS 抜きでの構成も可能です。

NSS-HA は、パフォーマンス、可用性、弾性、およびデータの信頼性を最適化した、Dell EMC のハイパフォーマンスコンピューティングネットワークファイルシステム (NFS) ストレージソリューションです。このソリューションを実装するためのベストプラクティスは、最適化されていないシステムと比較してもスループットが向上します。アクティブ/パッシブのペアによるサーバの高可用性 (HA) のセットアップは、コンピューティングノードに信頼性の高い、利用可能なストレージサービスを提供します。HA ユニットは、Dell EMC PowerEdge R730 サーバのペアで構成されます。Dell EMC PowerVault MD3460 稠密ストレージエンクロージャは、ファイルシステムに、240TB (4TB、7.2K near line SAS ドライブ60個) のストレージを提供します。このユニットは、480TB ソリューション向けに、240TB の追加ディスクを提供するための PowerVault MD3060e で拡張可能です。各 PowerVault アレイは6つの仮想ディスク (VD) で構成されます。各 VD は RAID 6 (8+2) で10個のハードドライブから構成されています。

NFS サーバノードは、稠密ストレージエンクロージャに 12Gbps SAS 接続を介して直接接続されます。NSS7.0-HA は、コンピューティングクラスター用に2つのネットワーク接続オプション (EDR InfiniBand および 10 Gigabit Ethernet) を提供します。アクティブ/パッシブ NFS サーバは、HA 機能を実装するための Red Hat の Scalable File System (XFS) および Red Hat Cluster Suite を搭載した、Red Hat Enterprise Linux 7.2 を実行します。

2.7 Dell EMC IEEL ストレージ

Dell EMC IEEL ストレージは、インテルの Enterprise Edition for Lustre (IEEL) ベースのマネジメントステーション、Lustre メタデータサーバ、Lustre オブジェクトストレージサーバ、および関連するバックエンドス

トレイジで構成されたストレージソリューションです。マネジメントステーションは全ての Lustre ストレージシステムの、エンド・ツー・エンドなマネジメントや監視を提供します。

Dell EMC IEEL ストレージソリューションは 480TB または 960TB 物理容量のオプションで並列ファイルシステムを提供します。このソリューションは通常、より大きなクラスタのスクラッチスペースとして使用されます。

図1では Dell EMC IEEL コンポーネントや接続の概要を示しています。

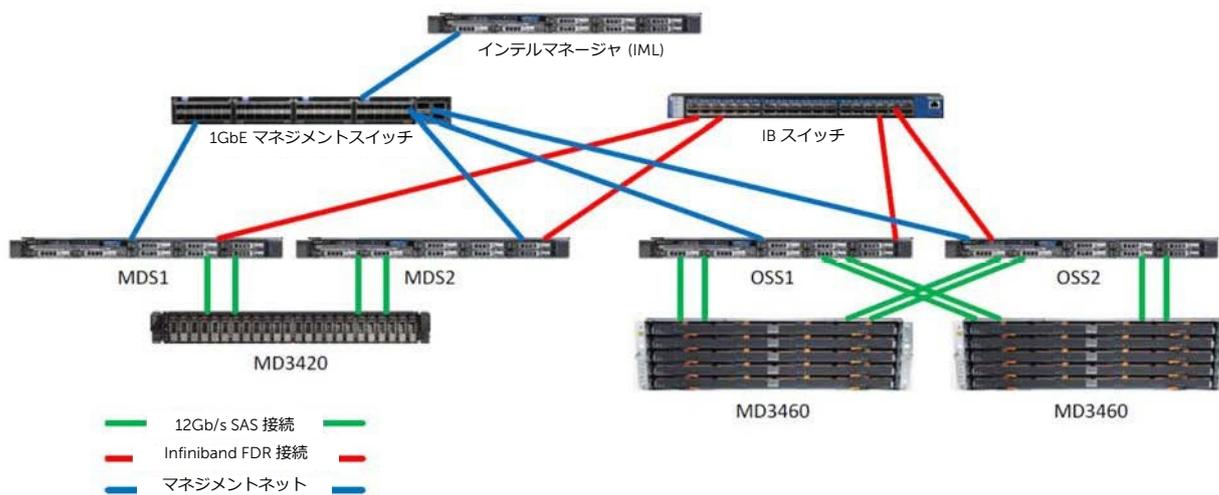


図1 Dell EMC IEEL コンポーネントおよび接続

2.8 システムネットワーク

ほとんどの Dell EMC HPC Systems for Manufacturing は、管理ネットワークとハイスピード/低レイテンシスイッチファブリックの2つのネットワークを以て構成されます。

管理ネットワークは、クラスタ内にある全てのサーバのオンボード LOM/NDC に接続するギガビットイーサネットです。このネットワークはプロビジョニング、マネジメントおよびアドミニストレーションに使用されます。EBB、IBB、IGPGPUBB および VDI サーバ上で、このネットワークは IPMI ハードウェアマネジメントにも使用されます。インフラストラクチャおよびストレージサーバ向けに、iDRAC Enterprise ポートが OOB サーバマネジメントのためこのネットワークに接続される場合があります。NSS-HA 用 Heartbeat ポート および IEEL ギガビットマネジメントポートもこのネットワークに接続される場合があります。

システム内の各ラックには、少なくとも1つ Dell EMC Networking S3048-ON イーサネットスイッチが含まれています。システム内に2つ以上スイッチがある場合、複数のスイッチは10ギガビットイーサネットスタッキングケーブルでスタックされます。

4台以上のサーバを持つクラスタには、ハイスピード/低レイテンシファブリックが推奨されます。現在は、EDR InfiniBand ファブリックを推奨しています。ファブリックは通常、Mellanox SB7790 36-ポート EDR InfiniBand スイッチを使用して組み立てられます。スイッチがいくつ必要かは、クラスタサイズとファブリックのブロック率に基づきます。

2.9 VDI ソフトウェア

VDI ソフトウェアは VDI サーバ上にインストールされ、GPU により高速化されたリモートビジュアライゼーション機能を提供します。NICE EnginFrame 搭載 NICE DCV が Dell EMC HPC System for Manufacturing で推奨される VDI ソフトウェアスタックです。

2.10 クラスタソフトウェア

クラスタソフトウェアはシステムのコンピューティングサーバをインストールし、監視するのに使用されます。Bright Cluster Manager7.2 (BCM) がクラスタソフトウェアとして推奨されます。

このシステムでは PBS Professional® 分散型ワークロードマネージャが検証されています。PBS Professional は Dell EMC HPC System for Manufacturing の推奨ワークロードマネージャです。

2.11 サービスおよびサポート

Dell EMC HPC System for Manufacturing は、NSS-HA と IEEL の導入サービスを含む、ハードウェアおよび導入サービスの完全なサポートの利用が可能です。

3 リファレンスシステム

リファレンスシステムは、セクション2で説明するシステムビルディングブロックを使用して、Dell EMC HPC Innovation Lab 内で組み立てられます。リファレンスシステムで使用されるビルディングブロックは表1に示されています。

表1 リファレンスシステムの構成

ビルディングブロック	数量
インフラストラクチャサーバ	1
EDR InfiniBand 搭載の 陽解法ビルディングブロック	8
陰解法ビルディングブロック	2
陰解法 GPGPU ビルディングブロック	1
VDI サーバ	1
Dell EMC Networking S3048-ON イーサネットスイッチ	1
Mellanox SB7790 EDR InfiniBand スイッチ	1

リファレンスシステムで使用される BIOS 構成オプションは表2に示されています。

表2 BIOS 構成オプション

BIOS オプション	セッティング
論理プロセッサ	Disabled
メモリスヌープモード	Opportunistic Snoop Broadcast
ノードのとり込み	Disabled
システムプロファイル	Performance Profile DAPC Profile also used for idle power measurements
IONonPostedPrefetch	Disabled

リファレンスシステムで使用されるソフトウェアのバージョンは、表3に示されています。

表3 ソフトウェアのバージョン

コンポーネント	バージョン
オペレーティングシステム	RHEL 7.2
カーネル	3.10.0-327.el7.x86_64
OFED	Mellanox 3.2-2.0.0.0
Bright Cluster Manager	7.2 with RHEL 7.2 (Dell EMC バージョン)
ANSYS Fluent	v17.1
ANSYS Fluent Benchmarks	v15 および v16
ANSYS Mechanical	v17.1
ANSYS Mechanical Benchmarks	v17.0
CD-adapco STAR-CCM+	11.02.010 混合精度
CD-adapco STAR-CCM+ Benchmarks	リストされたベンチマークケース
HPL	xhpl_intel64 from Intel 2016.1.150 MKL v1.5.2.16 for CUDA enabled
LSTC LS-DYNA	mpp_s_r8_1_105897_avx2 Platform MPI 9.1.0.1 Intel MPI 5.1.2.150
LSTC LS-DYNA Benchmarks	car2car-ver10 with endtime=0.02 ODB10M-ver16 with endtime=0.02
NICE	DCV 2016.0-16811 EnginFrame 2015.1
NVIDIA Driver	352.79
PBS Professional	13.0.2
STREAM	インテルコンパイラ 2016.1.150 で コンパイルされた 5.10

4 システムのパフォーマンス

このセクションでは、セクション3で説明されたリファレンスシステムから得られたパフォーマンスの結果を示しています。あらゆるアプリケーションのベンチマークに先立ち、サーバの基本的パフォーマンスが最初に計測されました。これは、個々のサーバのサブシステムが期待通り実行し、システムが安定していることを確認するために行われたものです。STREAM のメモリ帯域幅のテストは、メモリのパフォーマンスをチェックするために使用され、HPL は計算上のサブシステム、電力供給のチェック、および個々のサーバの負荷テストに使用されました。基本的なシステムパフォーマンスが検証された後、Fluent、ANSYS Mechanical、STAR-CCM+ および LS-DYNA のベンチマークのケースがシステム上で計られました。

4.1 STREAM

計算処理上のビルディングブロックに関する STREAM のベンチマークの結果は表4に示されています。表中の結果は、リファレンスシステム全体のビルディングブロック内で STREAM を三回実行した Triad テストからの最少、最大および平均的メモリ帯域幅を表しています。これらの結果は、EBB に対して 129Gbps、IBB から 117Gbps、そして IGPGPUBB から 129Gbps の持続的なメモリ帯域幅を示しています。パフォーマンスは期待通りでした。

IBB のメモリ帯域幅は、このシステムの為に選択する特定のプロセッサのため、他2つのビルディングブロックよりも狭くなります。インテル Xeon E5-2667 v4 には1つのメモリコントローラしかありませんが、ほかの2つのビルディングブロックで使用されるプロセッサには2つのメモリコントローラがあります。これは、プロセッサあたりの合計利用可能メモリ帯域幅が狭いことを意味しますが、E5-2667 v4 は8コアプロセッサであることから、コアあたりのメモリ帯域幅は広くなります。

マスターノードおよび VDI システムのメモリ帯域幅は、アプリケーションのベンチマークに先立ち検証されました。

表4 STREAM ベンチマークの結果

ビルディングブロック	Triad MBps (最小)	Triad MBps (最大)	Triad MBps (平均)
陽解法	129,410	129,927	129,665
陰解法	117,528	117,918	117,712
陰解法 GPGPU	129,063	129,350	129,222

4.2 HPL

ハイパフォーマンスリンクパック (HPL) は計算集約的なポピュラーなベンチマークです。これは、世界の最速スーパーコンピュータトップ500をランク付けするのに使用される、重要なバーンインテストです。実際のアプリケーションのパフォーマンスを代表するものではありませんが、バーンインテストでは不安定なコンポーネントを素早く除去し、システムへの電力供給を確認するのに役立ちます。

事前にコンパイルされたインテル MKL の HPL バイナリがこのテストに使用されました。個々の計算処理上のビルディングブロックの結果は表5に示されています。この表では、システム内の個々のビルディングブロックに対する HPL を3回実行した結果の、最小値と最大値の結果が示されています。8個の EBB で観測された変

動は 11% ですが、最も遅かった結果でも関連するプロセッサの仕様範囲内に収まります。

8個の EBB で HPL を並列実行した結果は図2に示されています。このグラフは1~8個までの HPL のパフォーマンスをプロットしたものです。このテストで、最大8個の EBB によるシステムの優れた拡張性を実証できました。

表5 個々のビルディングブロックの HPL のパフォーマンス

ビルディングブロック	GFLOPS (最小)	GFLOPS (最大)
陽解法	1,122	1,249
陰解法	763	809
陰解法 GPGPUBB (CPU のみ)	1,041	1,043
陰解法 GPGPUBB (CUDA 使用)	1,851	1,865

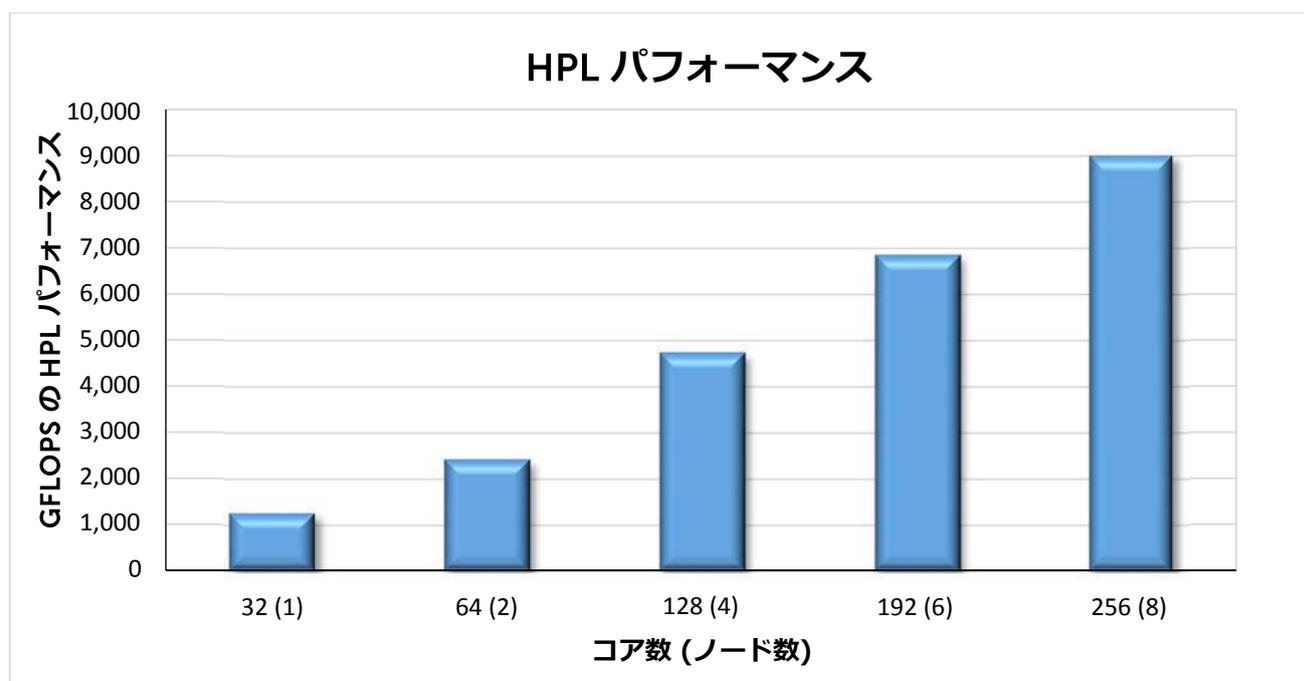


図2 EBB の HPL パフォーマンス

4.3 ANSYS Fluent

ANSYS Fluent は、複数のエンジニアリング分野で一般的に使用されるマルチフィジックスな 数値流体力学 (CFD) ソフトウェアです。CFD アプリケーションは通常、複数のプロセッサコアおよびサーバに渡って良くスケーリングされ、適度なメモリ容量の要件を持ち、解決中に最少のディスク I/O を実行します。これらの種類のアプリケーション特性については、EBB サーバが適切です。Fluent のベンチマークスイート v15

および v16 に関する、17個のベンチマークについての問題が、リファレンスシステムの EBB サーバで評価されました。ベンチマークには、v15 スイートおよび v16 スイートの2つの問題が含まれています。

Fluent の結果は、1日に完了できる25の反復解の数 (<1日の合計秒>/<25回反復解決に掛かる秒数>) をカウントする Solver Rating マトリックスを使って示されています。値が大きいほどパフォーマンスが高い事を意味します。

図3は ANSYS Fluent のベンチマーク8個に対してのコンピューティングビルディングブロック3種類の相対的性能を示しています。この比較で個々のビルディングブロックの全プロセッサコアが ANSYS Fluent 実行中に活用され、GPU は使用されません。この比較では Fluent の場合、アプリケーションのパフォーマンスが主にプロセッサのパフォーマンスによって決定されることを示しています。EBB に使用される Intel Xeon E5-2697A v4 プロセッサが、Fluent に対しての良い選択です。

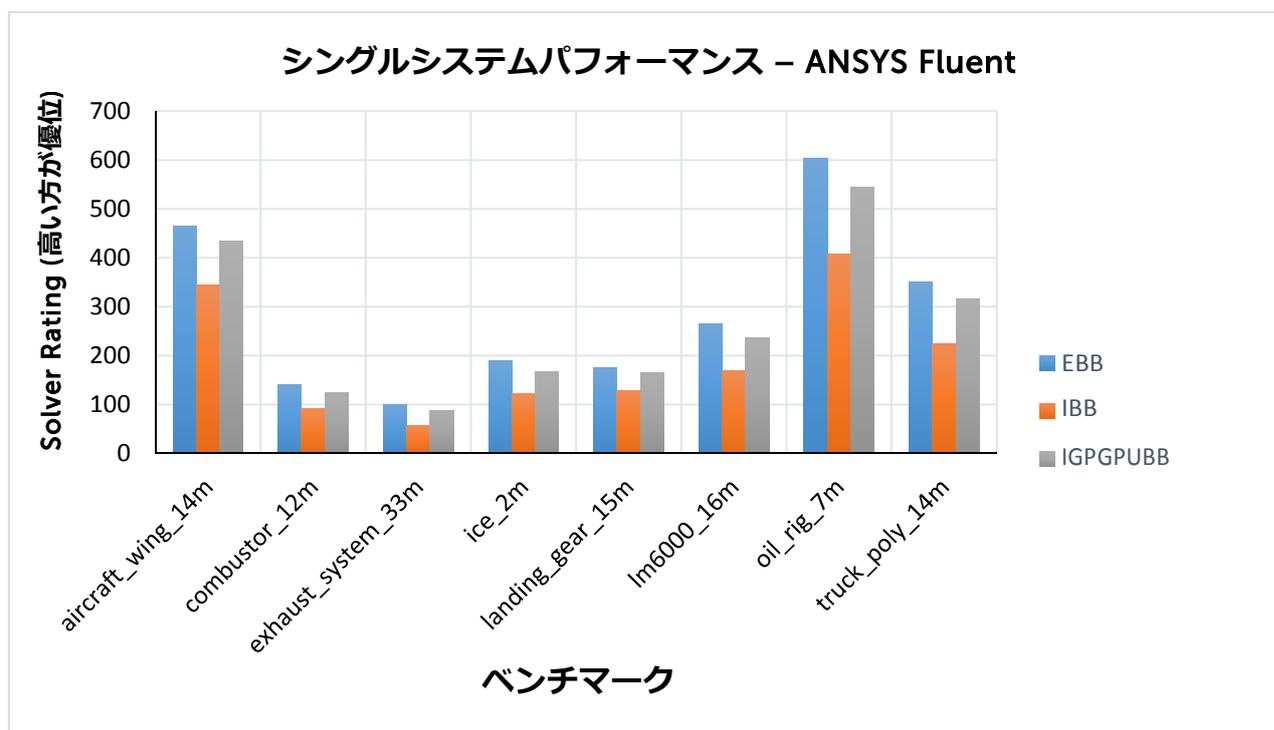


図3 個々のビルディングブロックのパフォーマンス - ANSYS Fluent

図4から図7のグラフは、計測された23~256コアを使用した1~8個の EBB のリファレンスシステムのパフォーマンスを示しています。グラフ上の各データポイントは、パラレルシミュレーションでx軸にマークされたコア数を使用して、特定のベンチマークにおけるデータセットのパフォーマンスを記録しています。結果は見易さのために4つのチャートに分割しています。Solver Rating の規模が大きく、いくつかのモデルは他に比べモデルのセル数、使用されるソルバの種類、問題の物理に基づいて、非常に高速で実行します。

Combustor_71m、f1_racecar_140m および open_racecar280m は、十分なメモリ容量のために2個以上のサーバを必要とする大規模なモデルです。これらのケースの結果は、特定の問題で得られた最初の有効な結果から始まります。

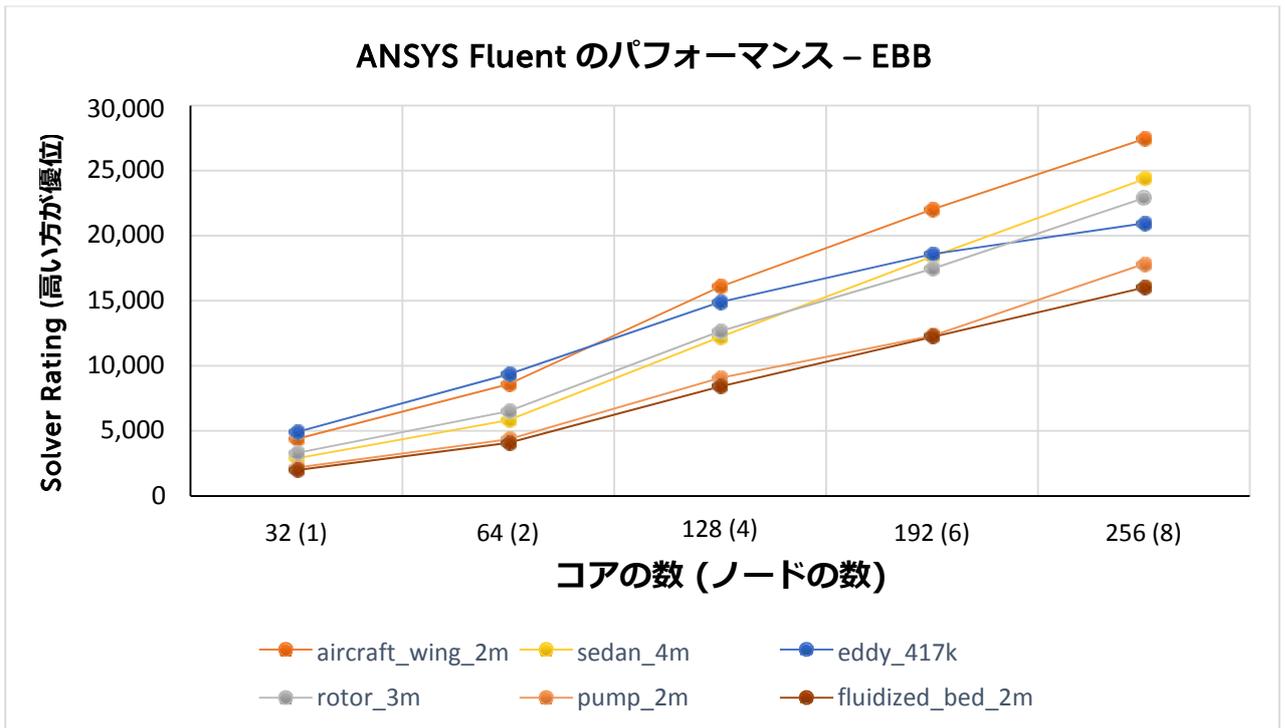


図4 ANSYS Fluent のパフォーマンス - EBB (1)

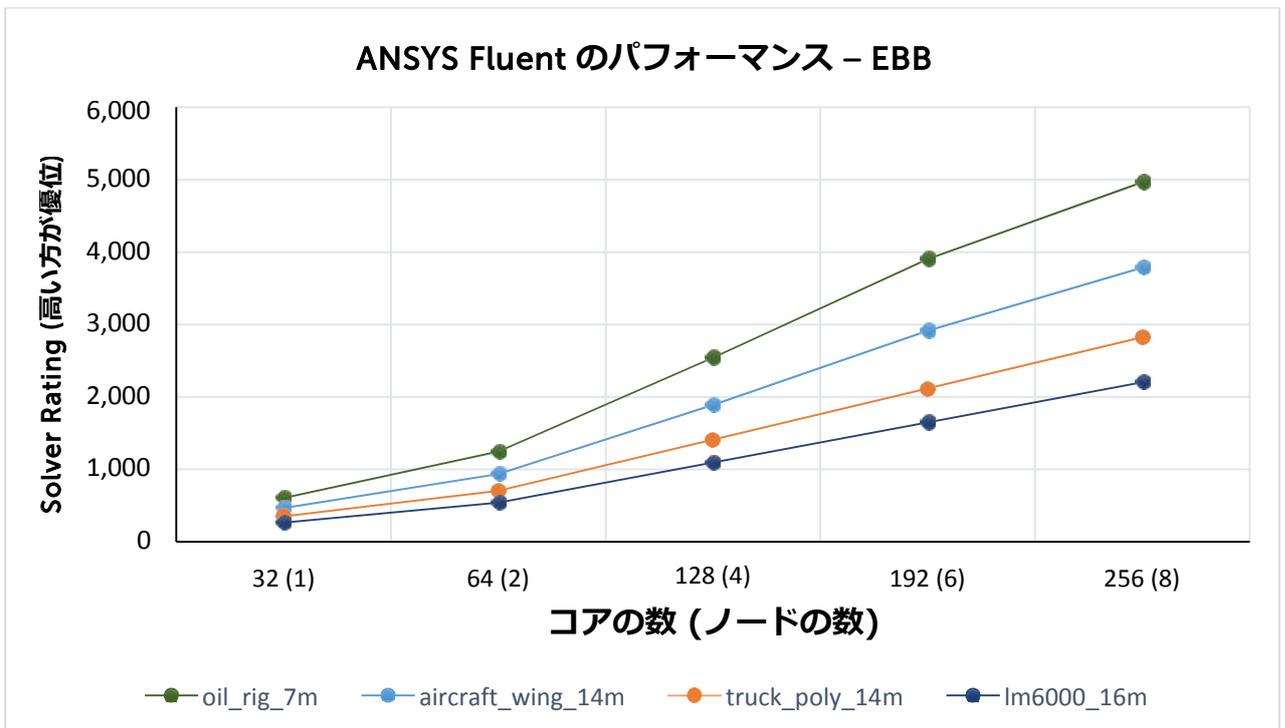


図5 ANSYS Fluent のパフォーマンス - EBB (2)

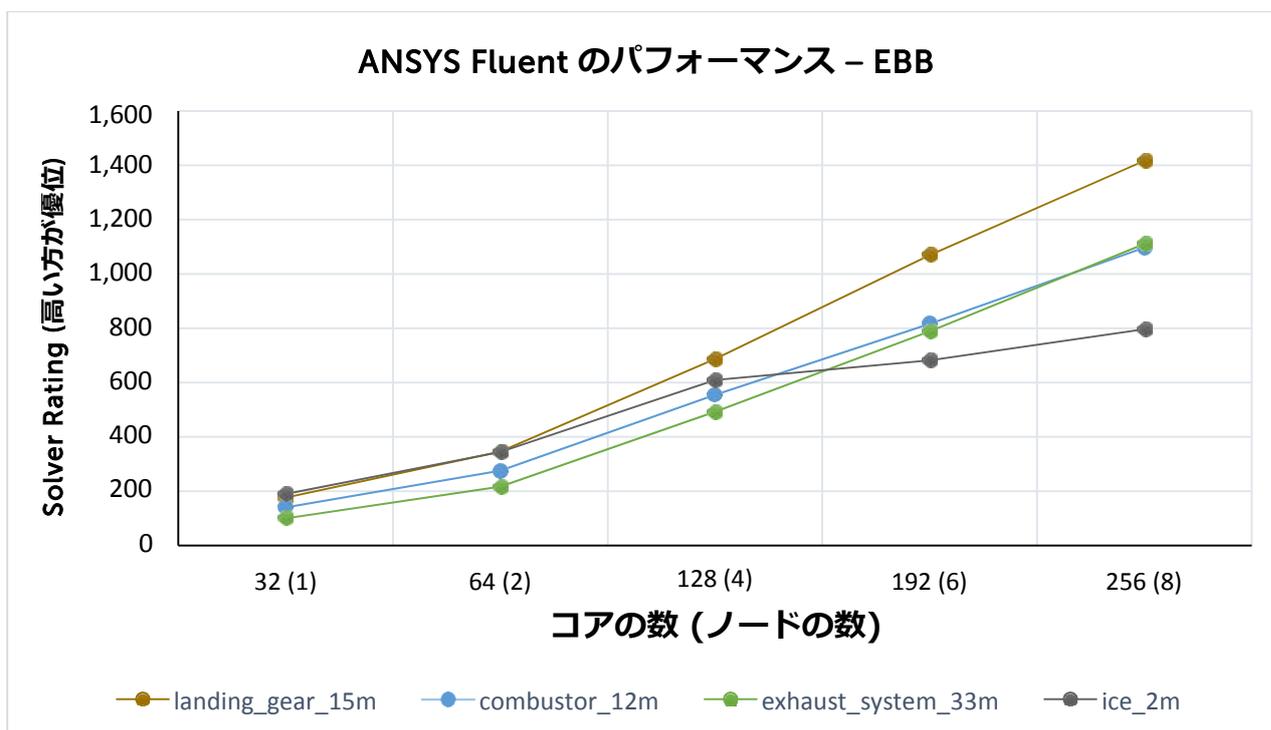


図6 ANSYS Fluent のパフォーマンス - EBB (3)

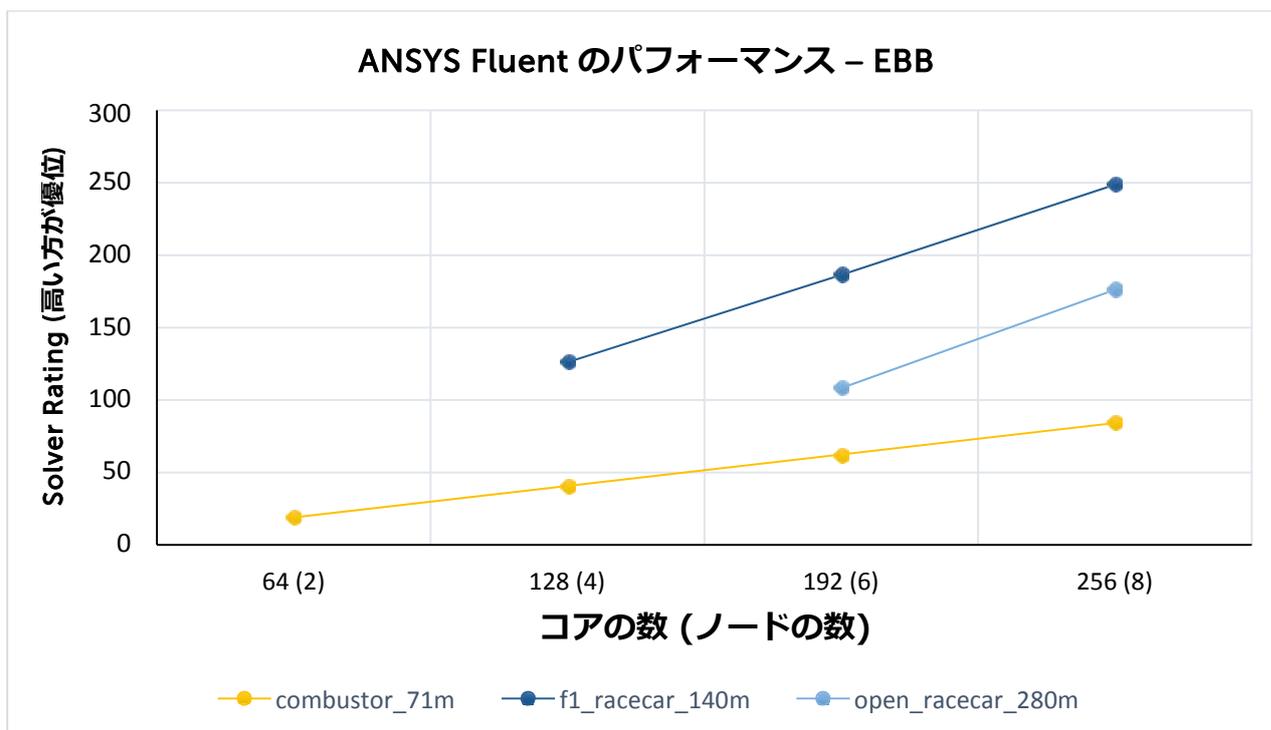


図7 ANSYS Fluent のパフォーマンス - EBB (4)

図8～図10は同じパフォーマンスデータを示していますが、32コア (1ノード) の結果に関連してプロットされました。これにより、ソリューションのスケーリング、すなわちより多くのコアが分析に使用されるため、パフォーマンスの向上を容易に確認できます。問題のスケラビリティは、特定のベンチマーク問題に対してシミュレートされるセル数と物理条件によって異なります。多くの問題では、スケーリングはほぼ直線形です。図8で示す結果は比較的小さな問題のため、いくつかのケースではスケーリングされる場合とされない場合があります。図10では、Ice_2m は、128コアまたは4ノードを超えて、あまりスケーリングされません。これはこの問題の物理によるものと考えられます。

図11は3つの大きなベンチマーク問題に対する相対的なスケーリングデータを示しています。図11は、3つの大きなベンチマーク問題に対する、相対的なスケーリングデータを示しています。

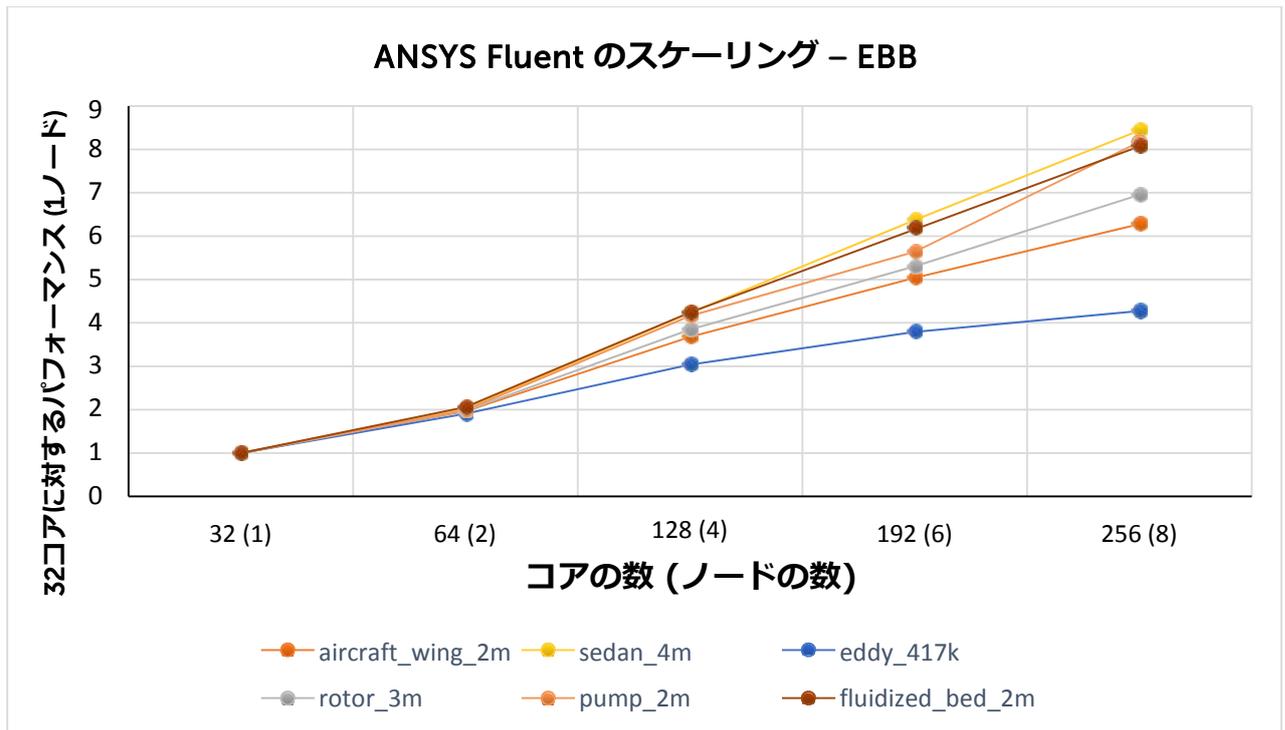


図8 ANSYS Fluent のスケーリング - EBB(1)

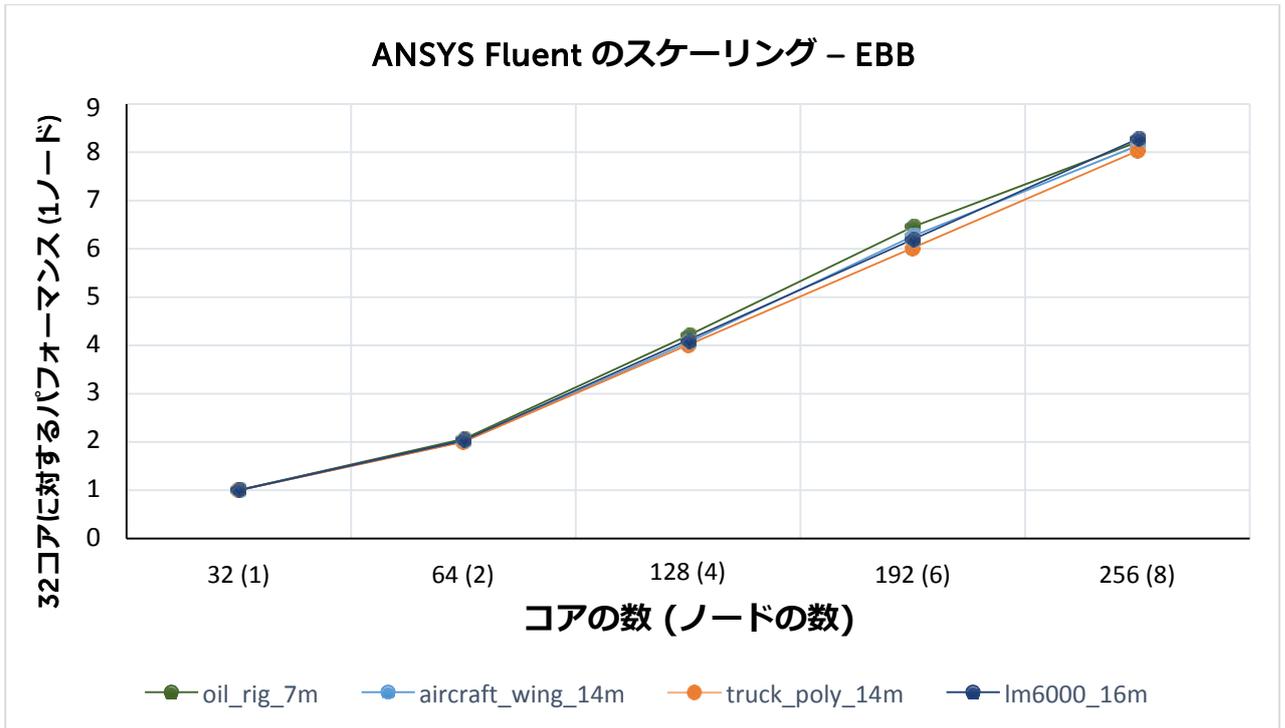


図9 ANSYS Fluent のスケーリング - EBB(2)

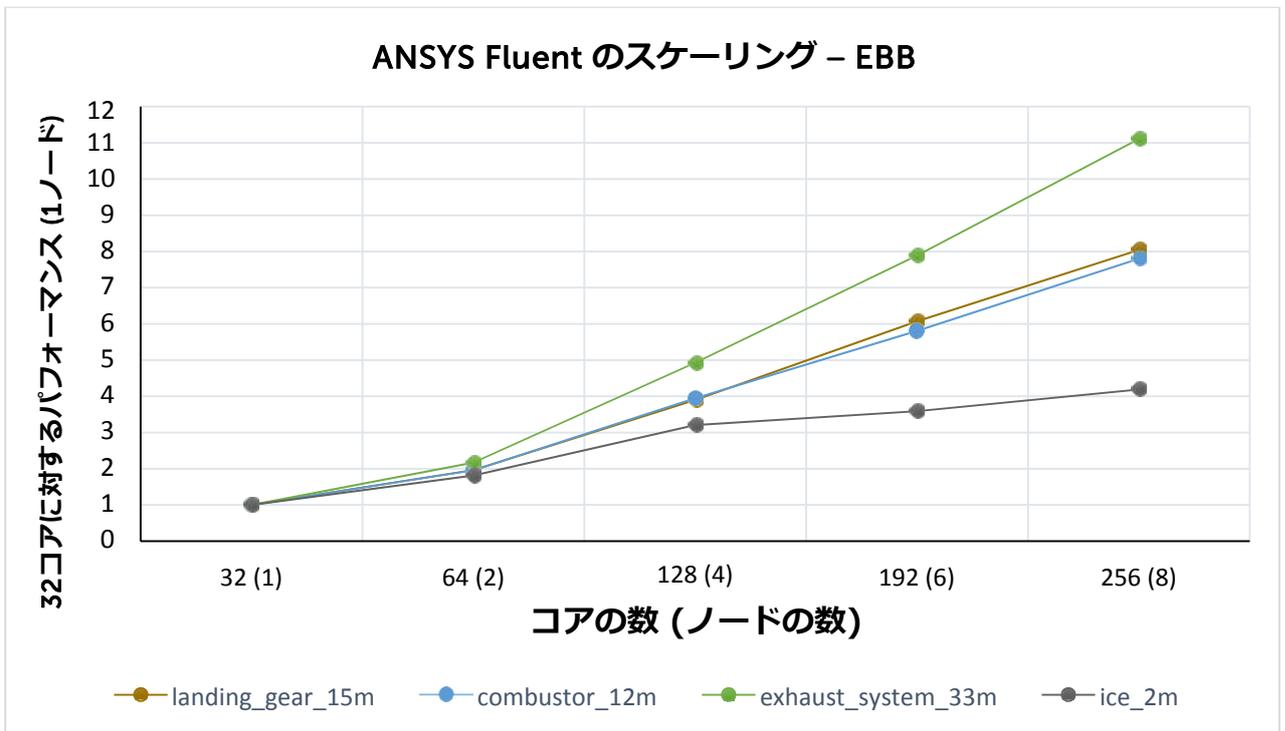


図10 ANSYS Fluent のスケーリング - EBB(3)

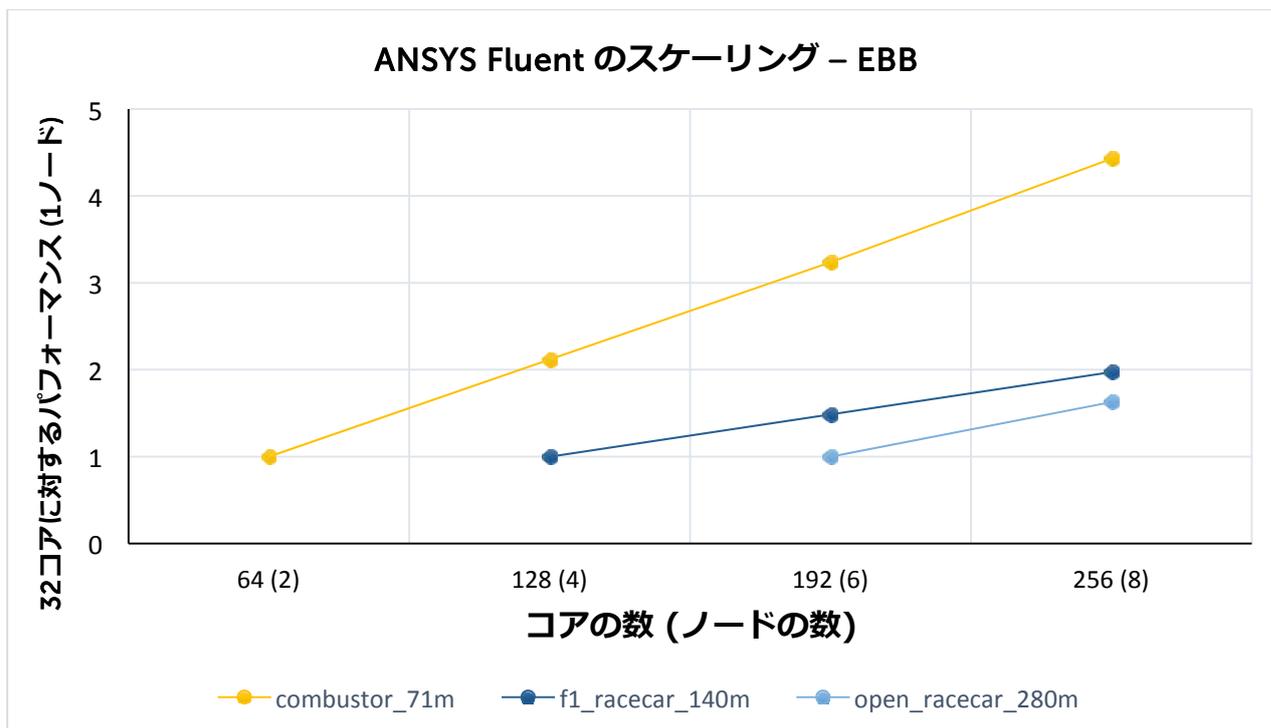


図11 ANSYS Fluent のスケーリング - EBB(4)

4.4 ANSYS Mechanical

ANSYS Mechanical は、複数のエンジニアリング分野で一般的に使用されている、マルチフィジクスな有限要素解析(FEA) ソフトウェアです。特定の問題の種類に基づき、FEA アプリケーションは複数のプロセッサコアおよびサーバに渡ってスケーリングされることがあります。FEA 問題の特定の種類は GPU アクセラレーションの恩恵を受けますが、他の問題は利益にならない場合があります。陰解法 FEA 問題はしばしば、メモリおよびディスク I/O のサブシステムに対する大きな需要をもたらします。様々な種類の FEA の問題に対するシステムの要件が異なることから、ANSYS Mechanical のベンチマークは、IBB、IGPGPGUBB および EBB を使用して実行されます。ANSYS Mechanical c17.0 ベンチマークスイートでの10個の問題がリファレンスシステム上で評価されました。

各個別のビルディングブロックの種類におけるパフォーマンスの結果は次以降のセクションに示されています。結果は Core Solver Rating メトリックを使用して表示されます。このメトリックはあらゆる事前および事後プロセスの上部を除くソルバコアのパフォーマンスを示します。

図12は、DMP ソルバを使用する ANSYS Mechanical のベンチマークにおける3個のコンピューティングビルディングブロックの種類についての相対的パフォーマンスを示しています。この比較のため、個々のビルディングブロック内の全プロセッサコアおよび GPU が ANSYS Mechanical 実行中に利用されます。V17sp-3 ベンチマークでは、GPU アクセラレーションを使用するとパフォーマンスが低下するという、既知の問題があります。この比較から明らかなように ANSYS Mechanical には最高の性能を発揮するサーバ構成が1つありません。このアプリケーションに対して最適なサーバ構成は、特定のシミュレーション問題に大きく依存します。

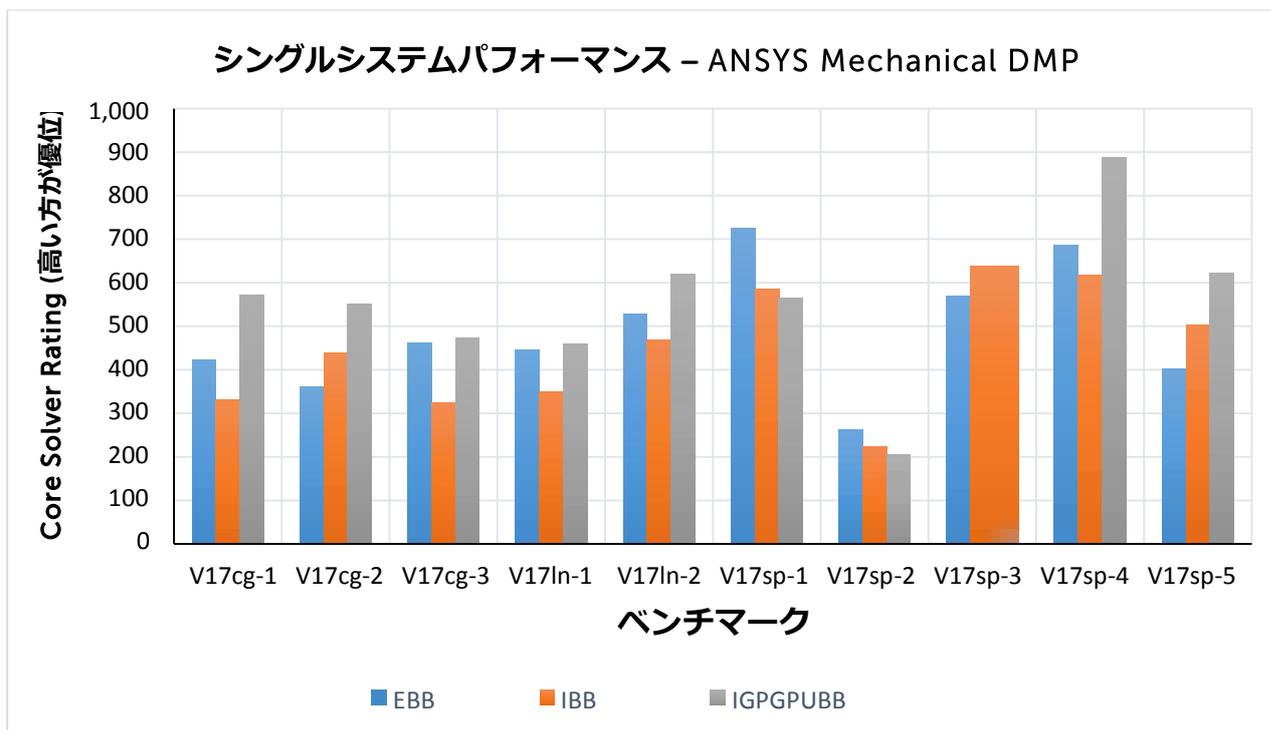


図12 個々のビルディングブロックのパフォーマンス - ANSYS Mechanical DMP

4.4.1 陰解法ビルディングブロック

ANSYS Mechanical では、分散メモリ型並列 (DMP) タイプおよび 共有メモリ型並列 (SMP) タイプの2種類のソルバが利用可能です。IBB サーバでのこれら2種類のソルバのパフォーマンス結果は図13および図14に示されています。グラフ上の各データポイントは、x軸にマークされたコアの数を使用して、特定のベンチマークデータセットのパフォーマンスを記録しています。一般に、DMP ソルバは、SMP ソルバと同等以上の性能を提供します。DMP ソルバは最大16コアまで拡張できますが、SMP ソルバは8コア以上には拡張できません。

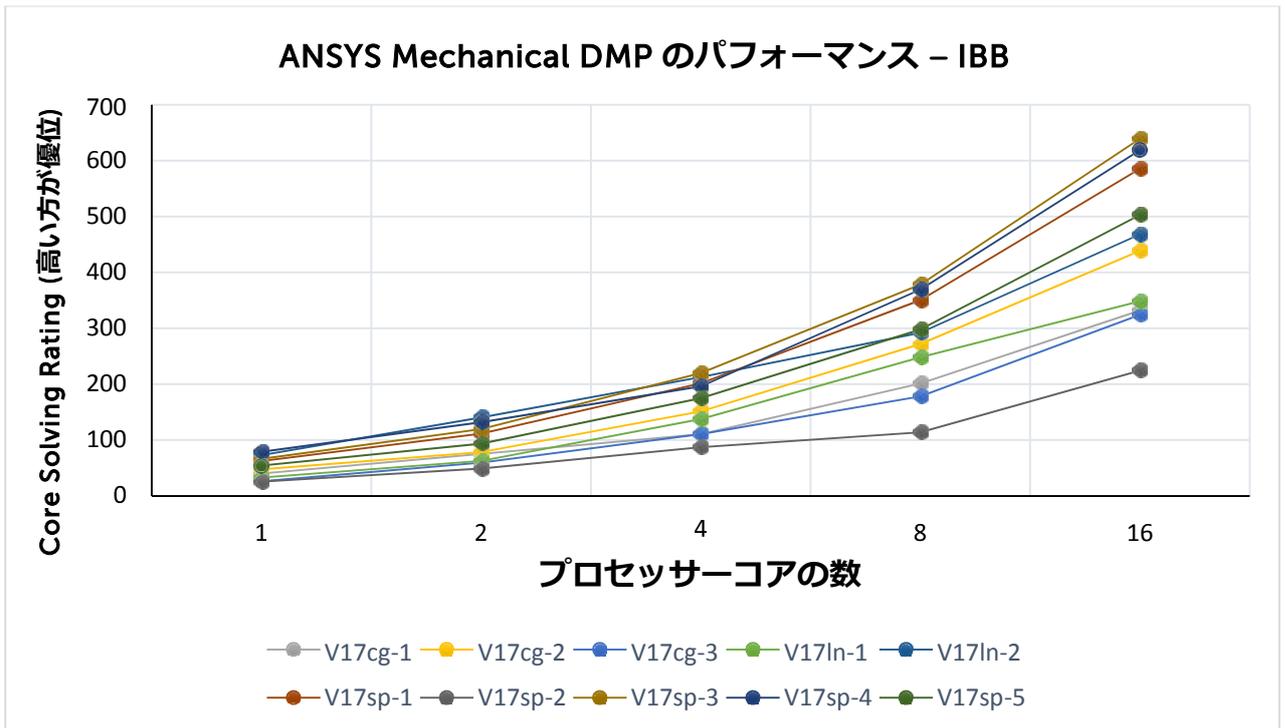


図13 ANSYS Mechanical DMP のパフォーマンス - IBB

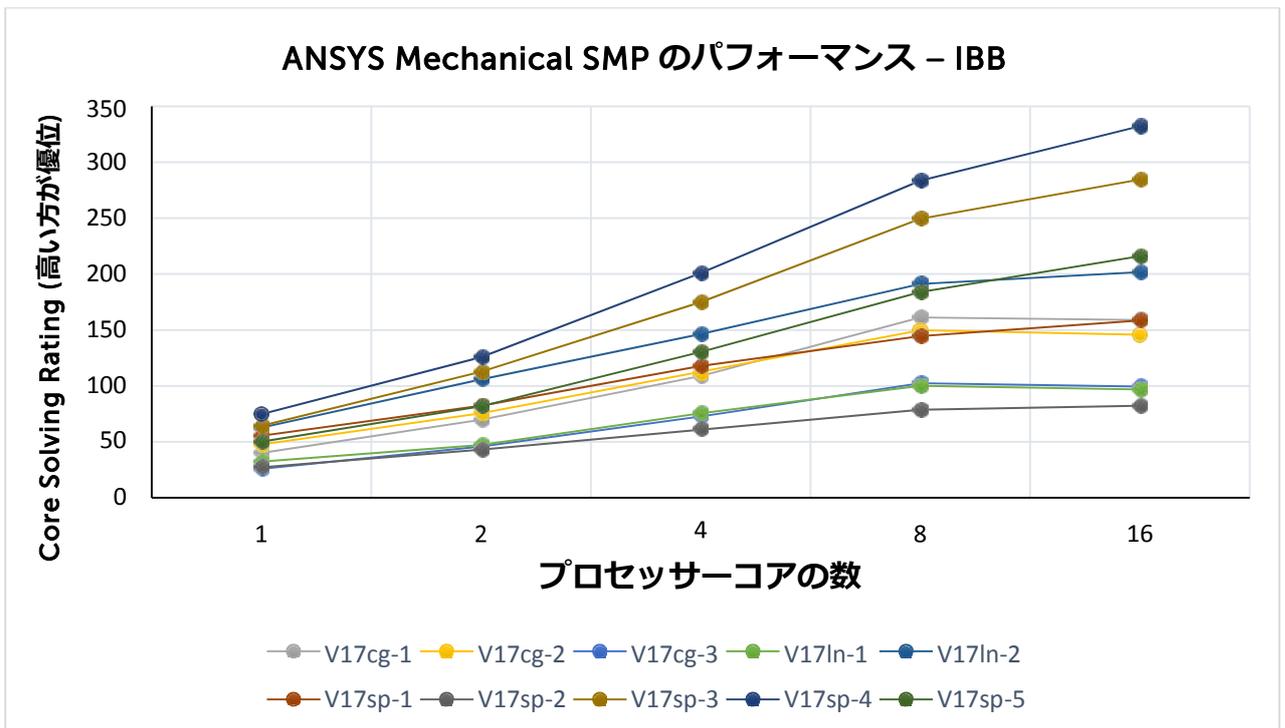


図14 ANSYS Mechanical SMP のパフォーマンス - IBB

図15および図16は同じパフォーマンスデータを示していますが、1コアの結果と比較してプロットしています。これにより、ソリューションのスケールリング、すなわちより多くのコアが分析に使用されるため、パフォーマンスの向上を容易に確認できます。問題のスケラビリティは、問題の自由度の数、使用されている特定のソリューションの種類、およびソルバなど、多くの要因によって異なります。16コアのDMP ソルバの場合、全ベンチマーク問題のスケールリングは 6.4~12.4 の範囲です。16コアの SMP ソルバの場合、全ベンチマーク問題のスケールリングは 2.9~4.5 の範囲です。

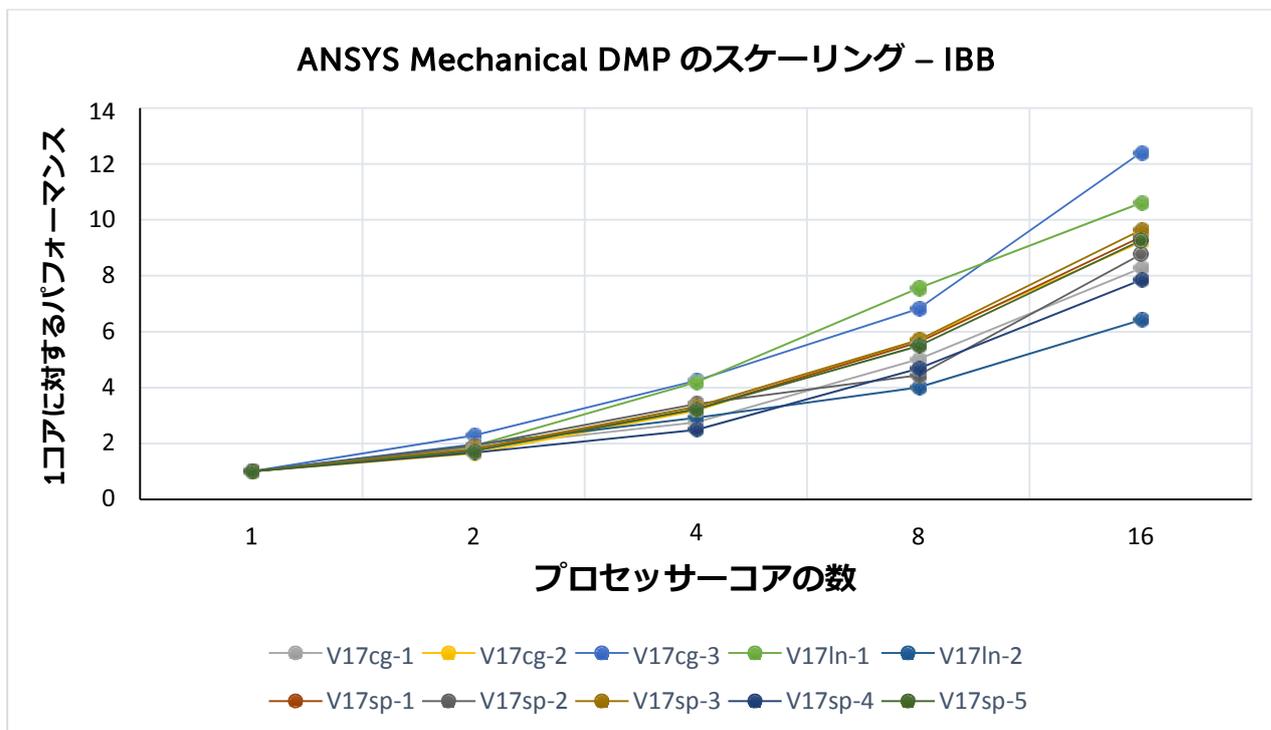


図15 ANSYS Mechanical DMP のスケールリング - IBB

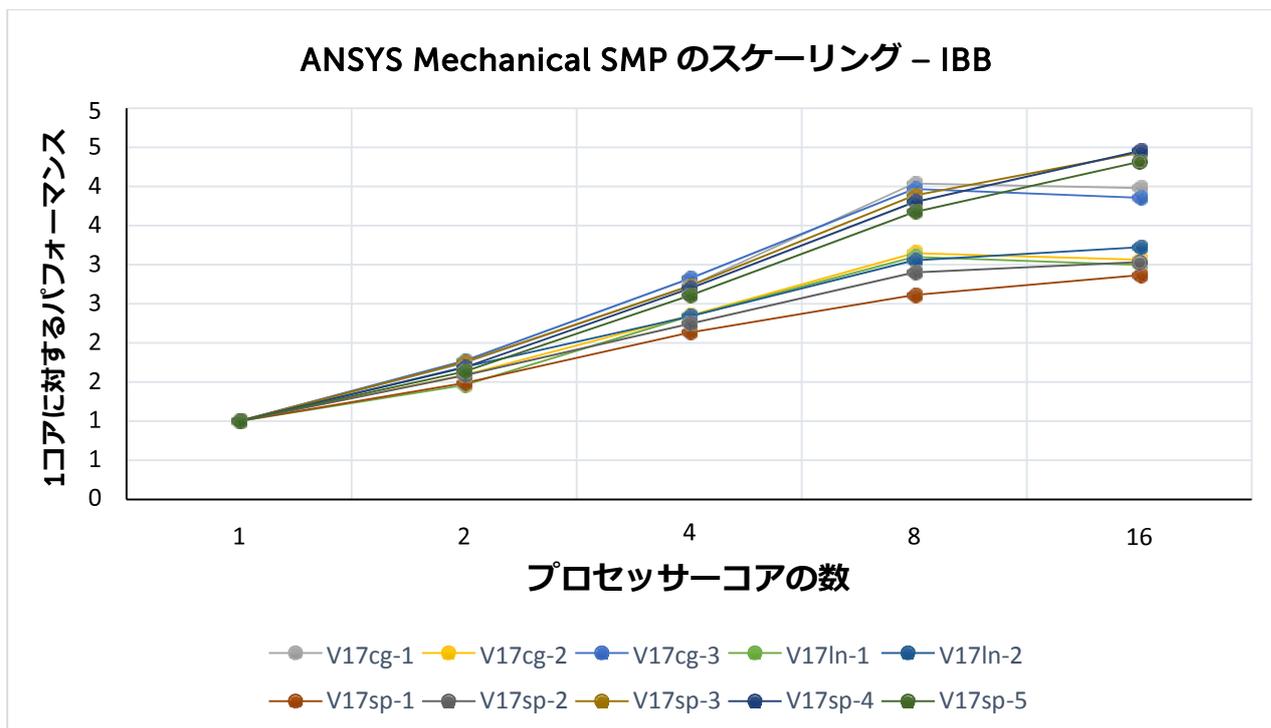


図16 ANSYS Mechanical SMP のスケーリング - IBB

4.4.2 陰解法 GPGPU ビルディングブロック

IGPGPUBB には、2つの GPU を含む NVIDIA Tesla K80 が含まれています。両方の GPU は ANSYS Mechanical のベンチマークに使用されています。GPU アクセラレーションは、DMP および SMP 両方のソルバで利用可能なため、両方のソルバの結果がレポートされます。IGPGPUBB サーバ上の2つのソルバのパフォーマンスに関する結果が、図17および図18に示されています。グラフ上の各データポイントは、2つの GPU がx軸にマークされたプロセッサコアの数を加えた特定のベンチマークデータセットのパフォーマンスを記録します。一般的に DMP ソルバは、SMP ソルバと同等以上の性能を提供します。DMP ソルバは、いくつかのベンチマークで最大16コアまで拡張できますが、SMP ソルバは8コア以上には拡張できません。ほとんどのベンチマークケースでは、GPU アクセラレーションを使用すると、IBB の結果と比較してパフォーマンスが大幅に向上します。

DMP ソルバで GPU アクセラレーションを使用する場合、ベンチマークケース V17sp-3 に既知の問題があることに注意してください。これにより、このケースの DMP ソルバの結果は報告されません。

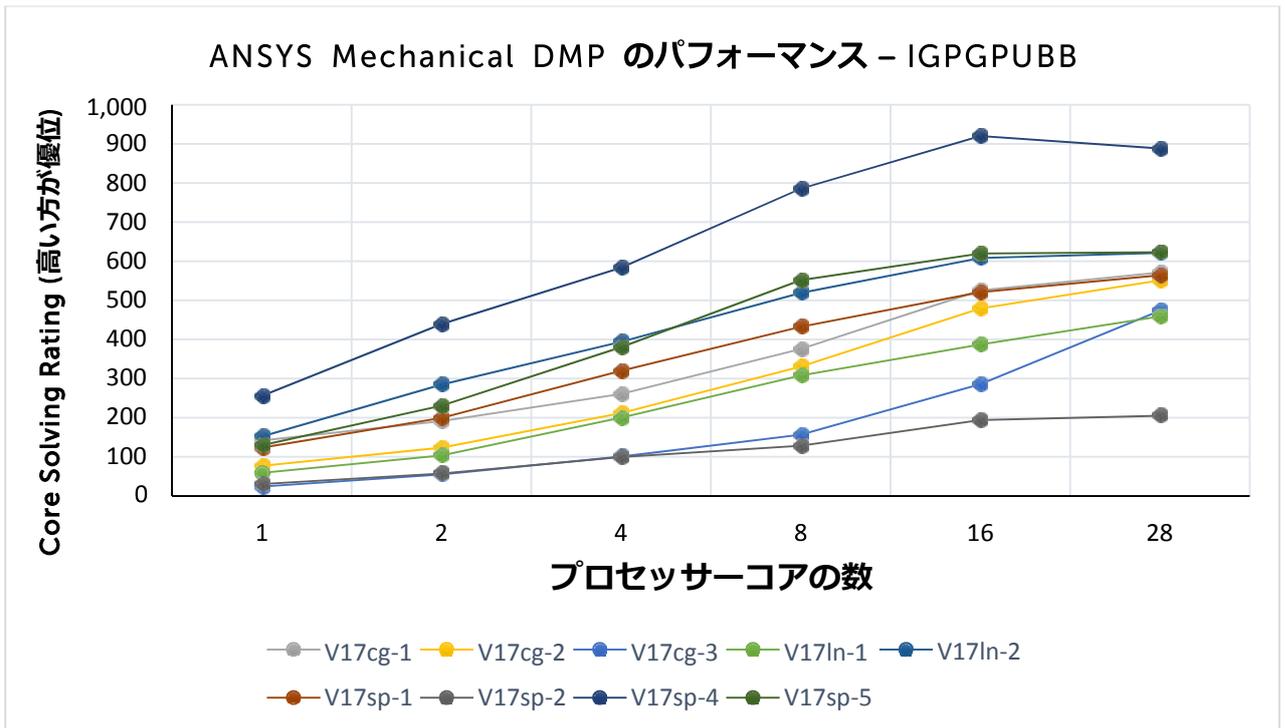


図17 ANSYS Mechanical DMP のパフォーマンス - IGPGPUBB

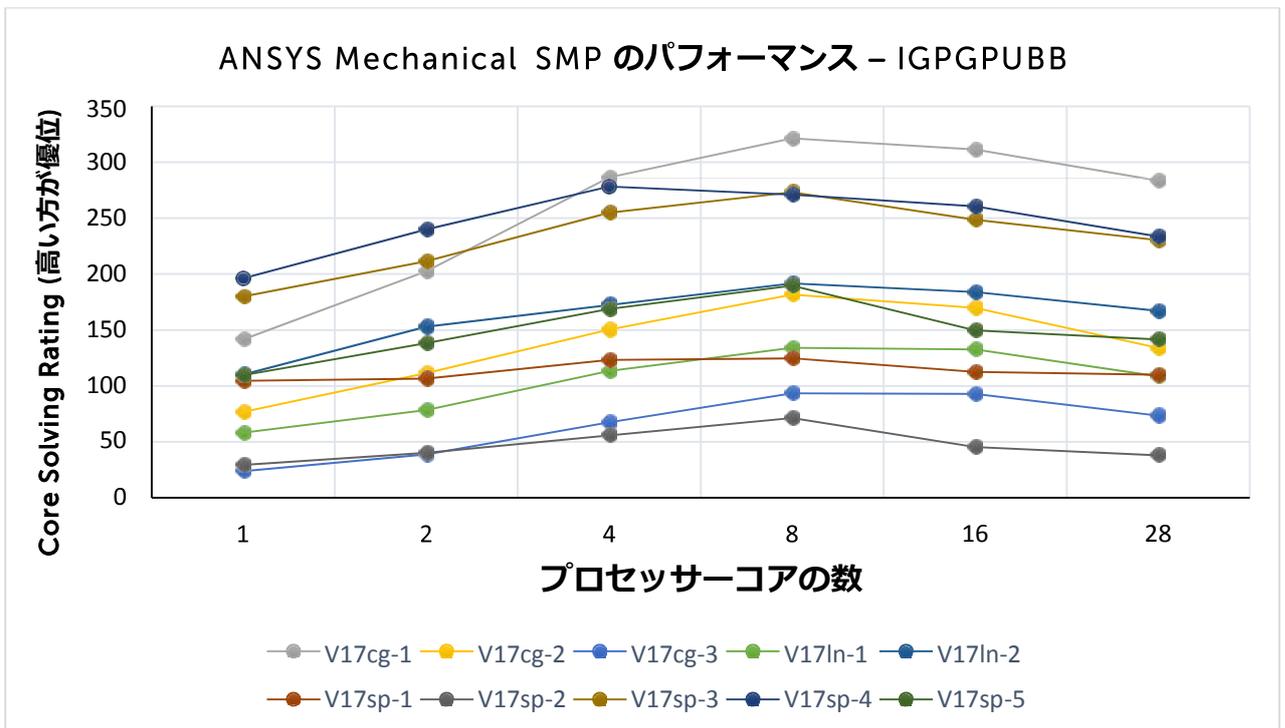


図18 ANSYS Mechanical SMP のパフォーマンス - IGPGPUBB

図19および図20では同じパフォーマンスデータを示していますが、1コアの結果と比較してプロットしています。これによりソリューションのスケール、すなわちより多くのコアが分析に使用されるため、パフォーマンスの向上を容易に確認できます。問題のスケール性は、問題の自由度の数、使用されている特定のソリューションの種類、およびソルバなど多くの要因によって異なります。28個のプロセッサコアと2個のGPUを備えたDMPソルバでは、全ベンチマーク問題のスケール性は3.5~19.7の範囲です。8個のプロセッサコアと2個のGPUを備えたSMPソルバでは、全ベンチマーク問題のスケール性は1.2~3.9の範囲です。

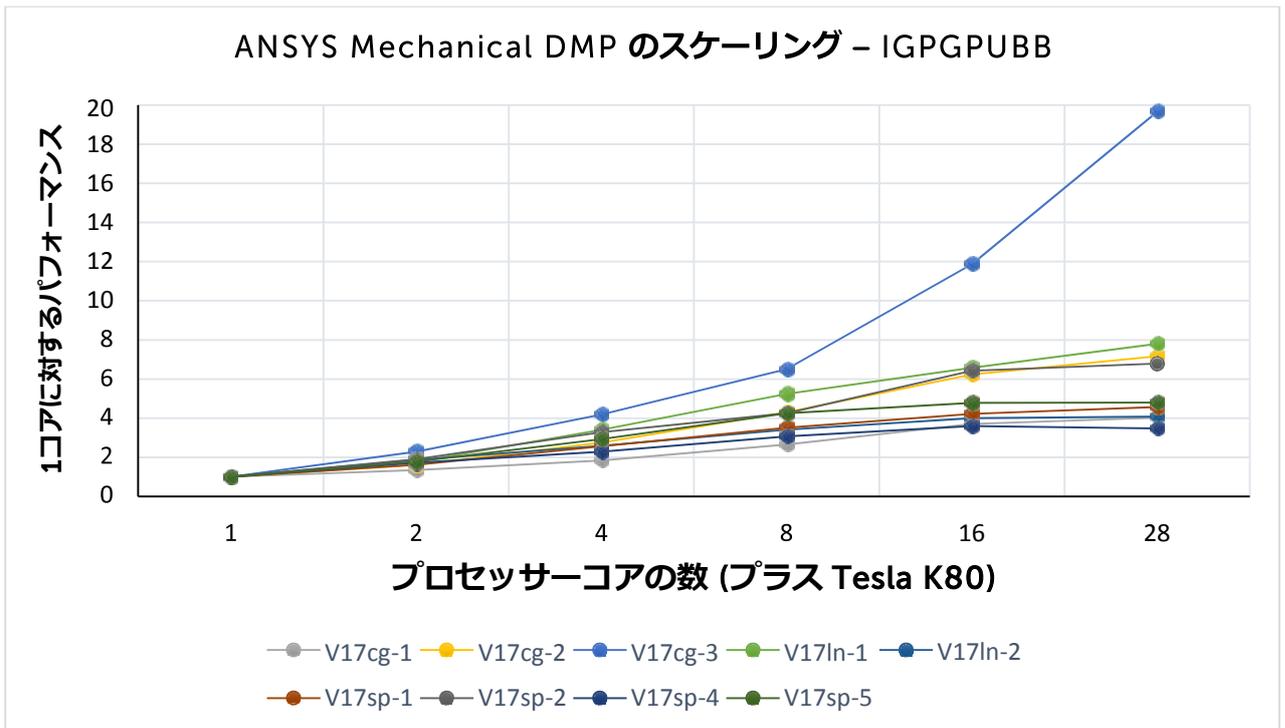


図19 ANSYS Mechanical DMP のスケール性 - IGPGPUBB

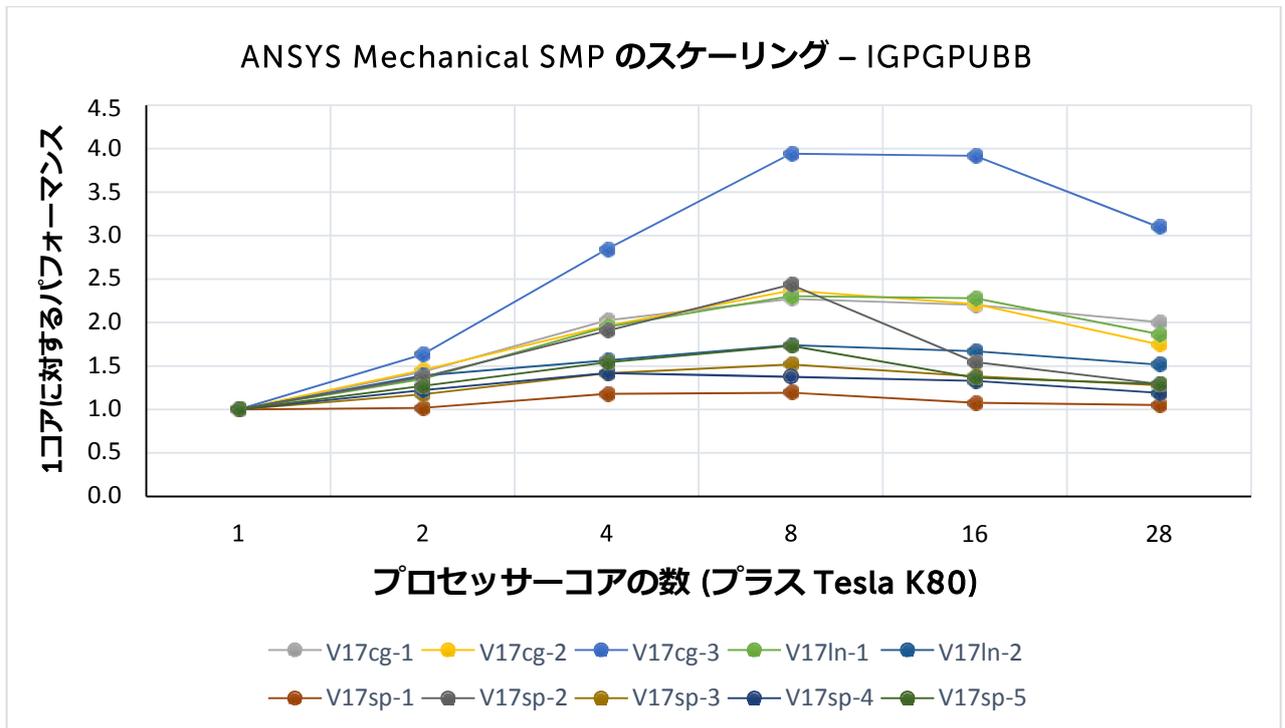


図20 ANSYS Mechanical SMP のスケーリング - IGPGPUBB

4.4.3 陽解法ビルディングブロック

EBB 上の ANSYS Mechanical DMP および SMP ソルバのパフォーマンス結果を、図21および図22に示しています。この一連のベンチマークで、DMP ソルバは複数のシステム上で実行され、SMP ソルバは単一システム上で実行されます。グラフ上の各データポイントは、x軸にマークされたプロセッサコアの数を使用して、特定のベンチマークデータセットのパフォーマンスを記録します。DMP ソルバは、いくつかのベンチマークで最大256プロセッサコアまで拡張します。SMP ソルバは、8コア以上にはスケーリングされません。

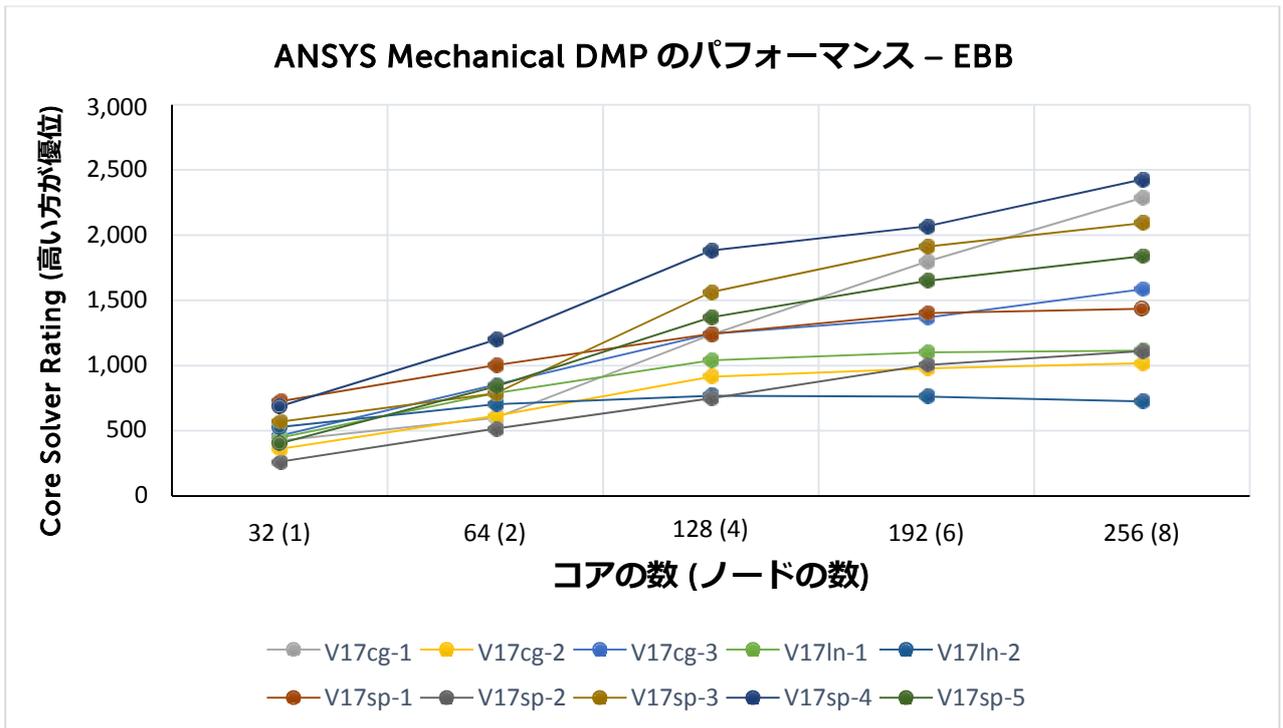


図21 ANSYS Mechanical DMP のパフォーマンス - EBB

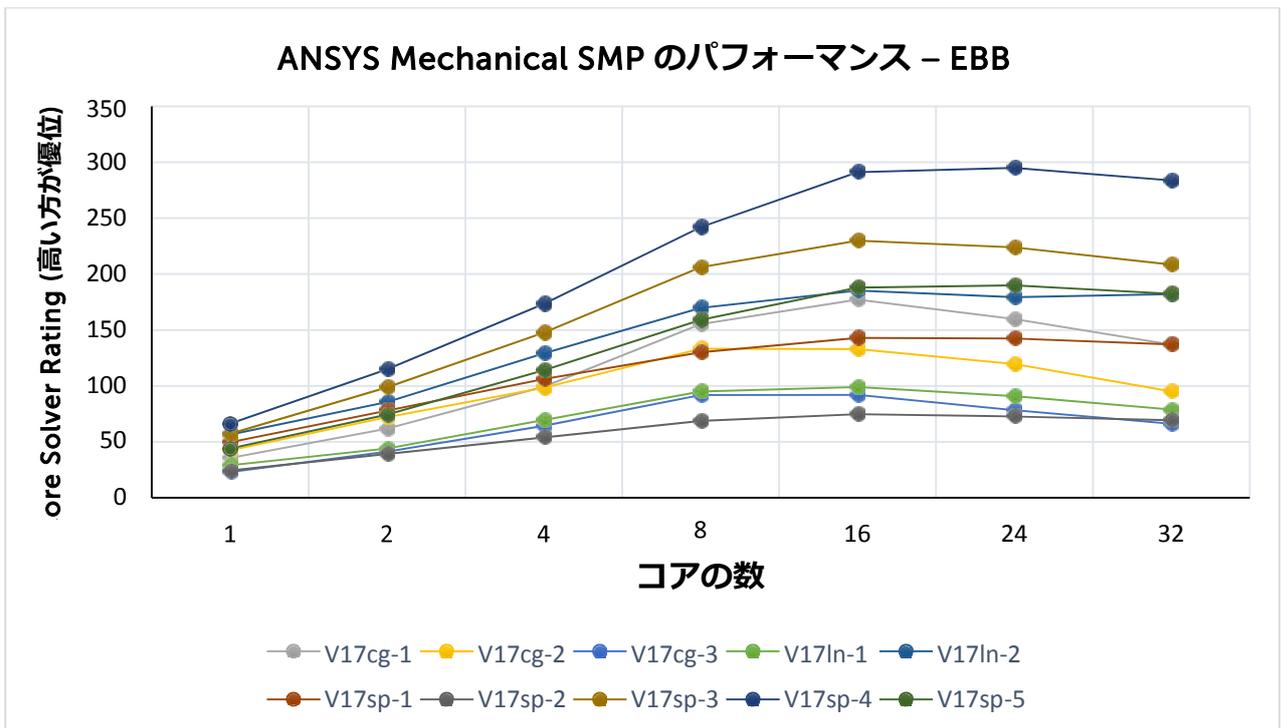


図22 ANSYS Mechanical SMP のパフォーマンス - EBB

図23および24では、同じパフォーマンスデータを示していますが、1ノードもしくは1コアに対する結果についてプロットされています。これにより、ソリューションのスケールリング、すなわちより多くのコアが分析に使用されるため、パフォーマンスの向上を容易に確認できます。問題のスケラビリティは、問題の自由度の数、使用されている特定のソリューションの種類、およびソルバなど、多くの要因によって異なります。256コアのDMP ソルバでは、全ベンチマーク問題のスケールリングは 1.4~5.4 の範囲です。16プロセッサコアの SMP ソルバでは、全ベンチマーク問題のスケールリングは 2.9~5.0 の範囲です。

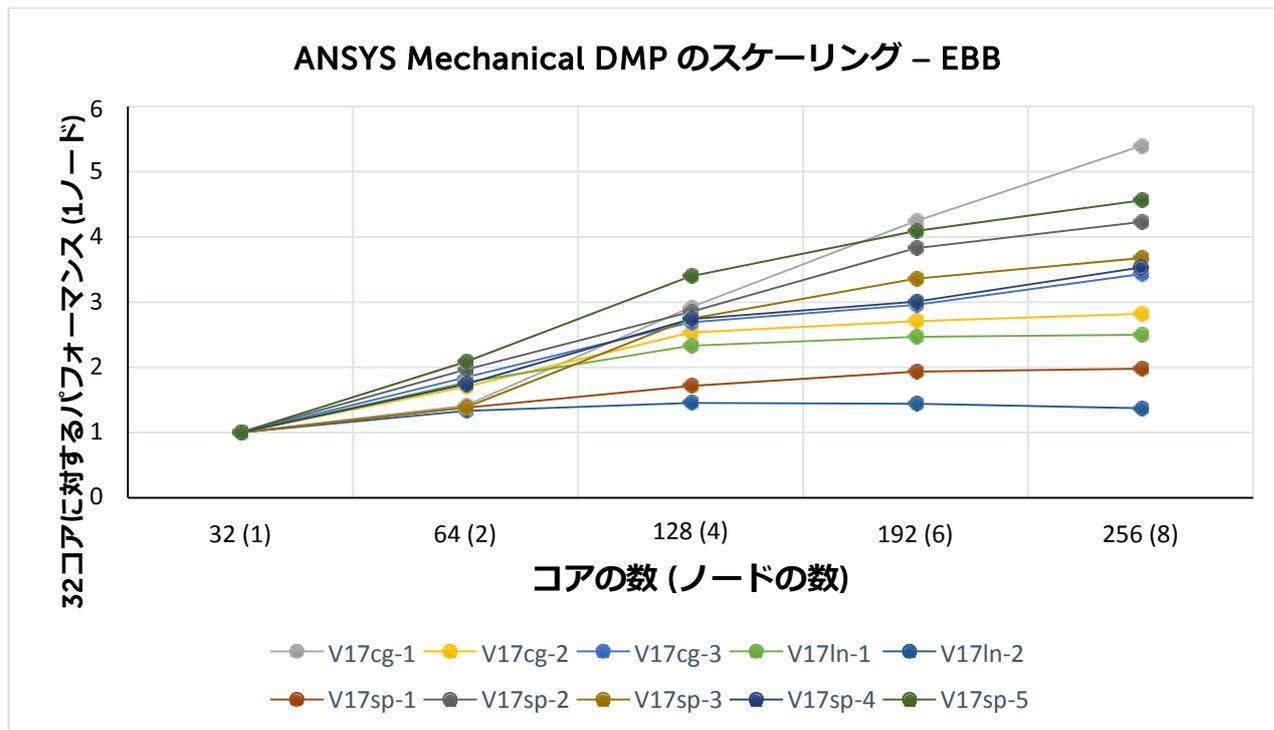


図23 ANSYS Mechanical DMP のスケールリング - EBB

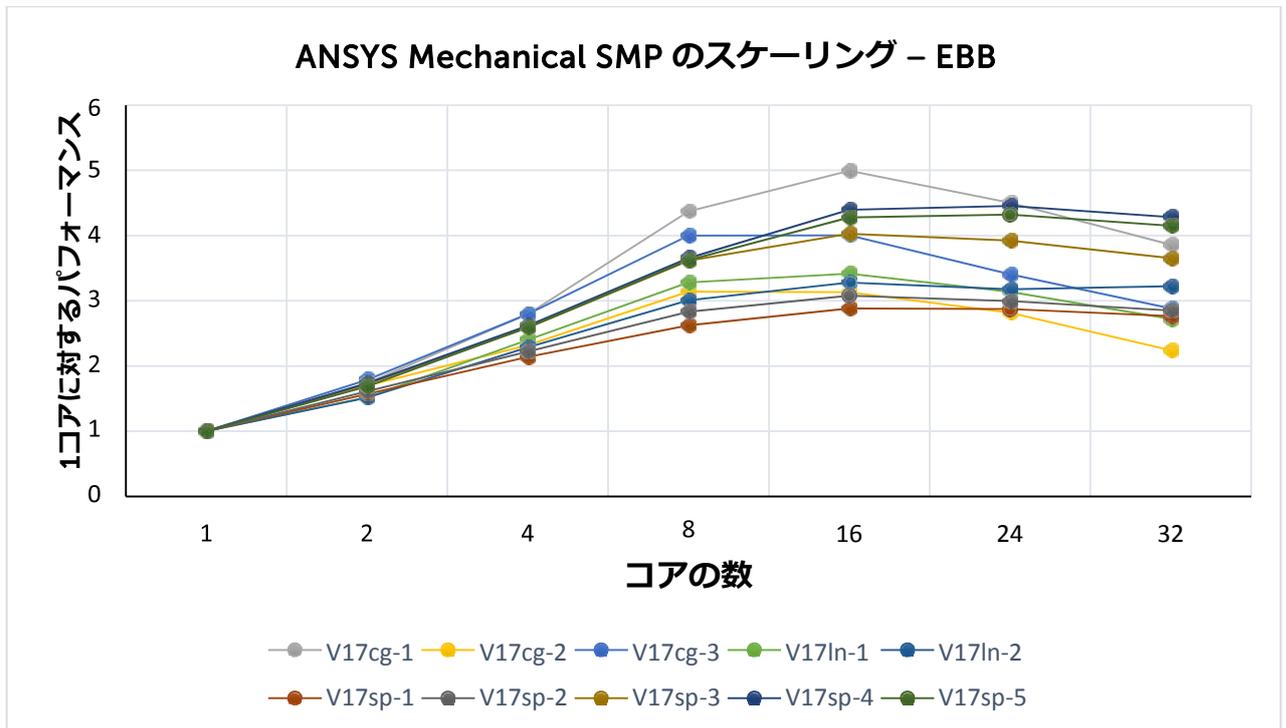


図24 ANSYS Mechanical SMP のスケーリング - EBB

4.5 CD-adapco STAR-CCM+

CD-adapco STAR-CCM + は、複数のエンジニアリング分野で一般的に使用されているマルチフィジックス数値流体力学 (CFD) ソフトウェアです。CFD アプリケーションは通常、複数のプロセッサコアおよびサーバに渡って優れたスケーリングを見せ、適度なメモリ容量の要件を持ち、解決中に最少のディスク I/O を実行します。これらの種類のアプリケーション特性については、EBB サーバが適切です。STAR-CCM + のベンチマークスイートから得られた15個のベンチマーク問題は、リファレンスシステムのEBB サーバで評価されました。

STAR-CCM + の結果は、ソルバ反復ごとに経過した数秒の平均経過時間のメトリックを使用して示されています。値が小さいほどパフォーマンスが優れていることを意味します。

図25は、8個の STAR-CCM + ベンチマークに対する3つのコンピューティングビルディングブロックの相対的なパフォーマンスを示しています。この比較で、個々のビルディングブロック内の全プロセッサコアが、STAR-CCM + の実行中に使用され、GPU は使用されません。この比較から、STAR-CCM + の場合、アプリケーションのパフォーマンスは主にプロセッサのパフォーマンスによって決まることが分かります。EBB で使用されているインテル Xeon E5- 2697A v4 プロセッサは、STAR-CCM + に適していますが、IGPGPUBB で使用されているインテル Xeon E5-2680 v4 プロセッサも優れたパフォーマンスを発揮します。

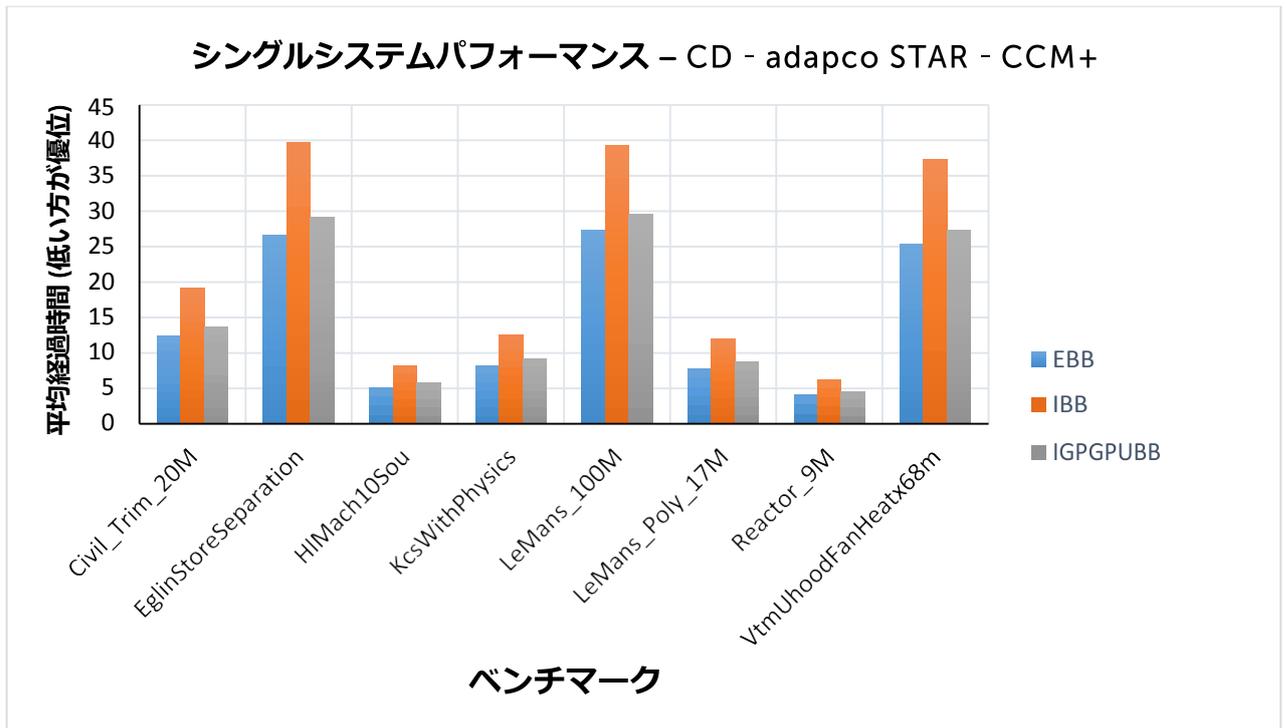


図25 個々のビルディングブロックのパフォーマンス - CD - adapco STAR - CCM+

図26から図29では32~256コアを使用した1~8個の EBB 上のリファレンスシステムの、計測されたパフォーマンスを示しています。グラフ上の各データポイントはパラレルシミュレーションでx軸にマークされたコア数を使用して、特定のベンチマークにおけるデータセットのパフォーマンスを記録しています。モデル内のセル数、使用されるソルバタイプ、問題の物理的性質によって、結果が他のモデルよりもはるかに高速に実行されるため、読みやすさのために4つのチャートに分割しています。

LeMans_100M_Coupled、SlidingMorphingNopostHelicopter、vtmBenchmark_178M および LeMans_514M_Coupled は十分なメモリ容量を確保するために2つ以上のサーバが必要です。これらのケースの結果は各ベンチマーク問題で得られた最初の有効な結果から始まります。

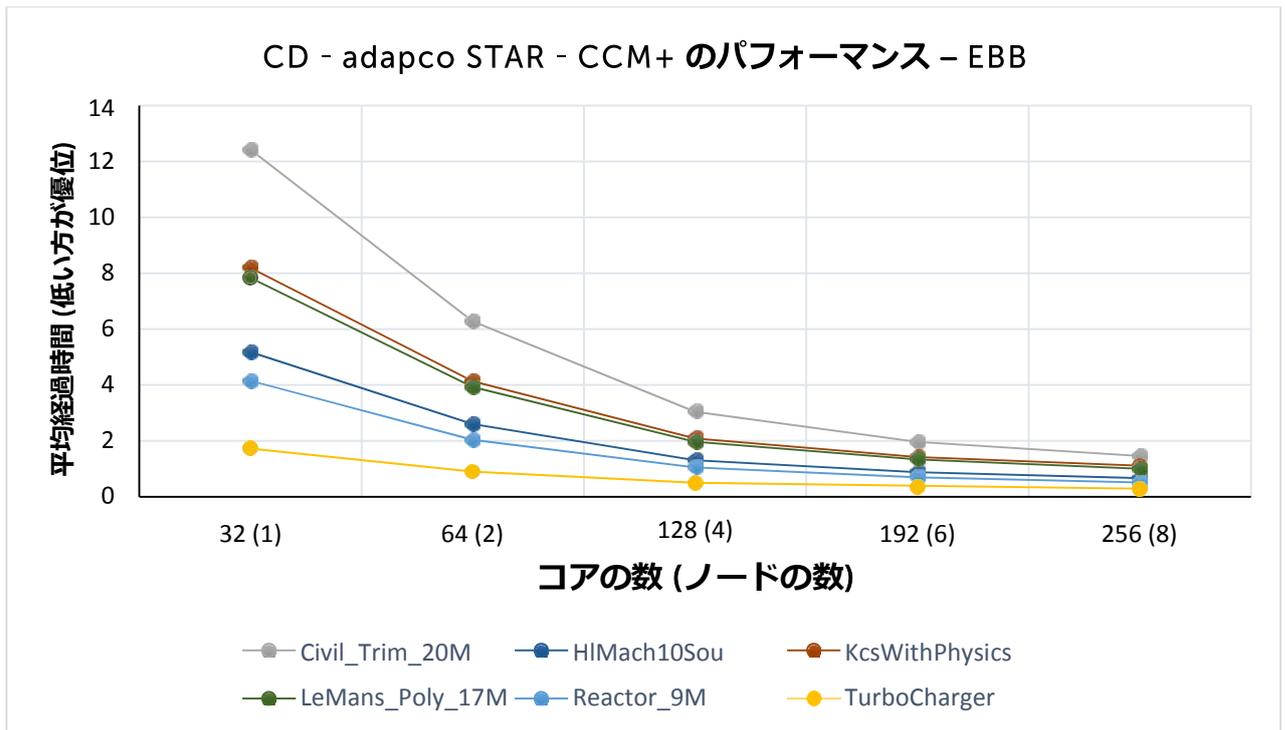


図26 CD - adapco STAR - CCM+ のパフォーマンス - EBB (1)

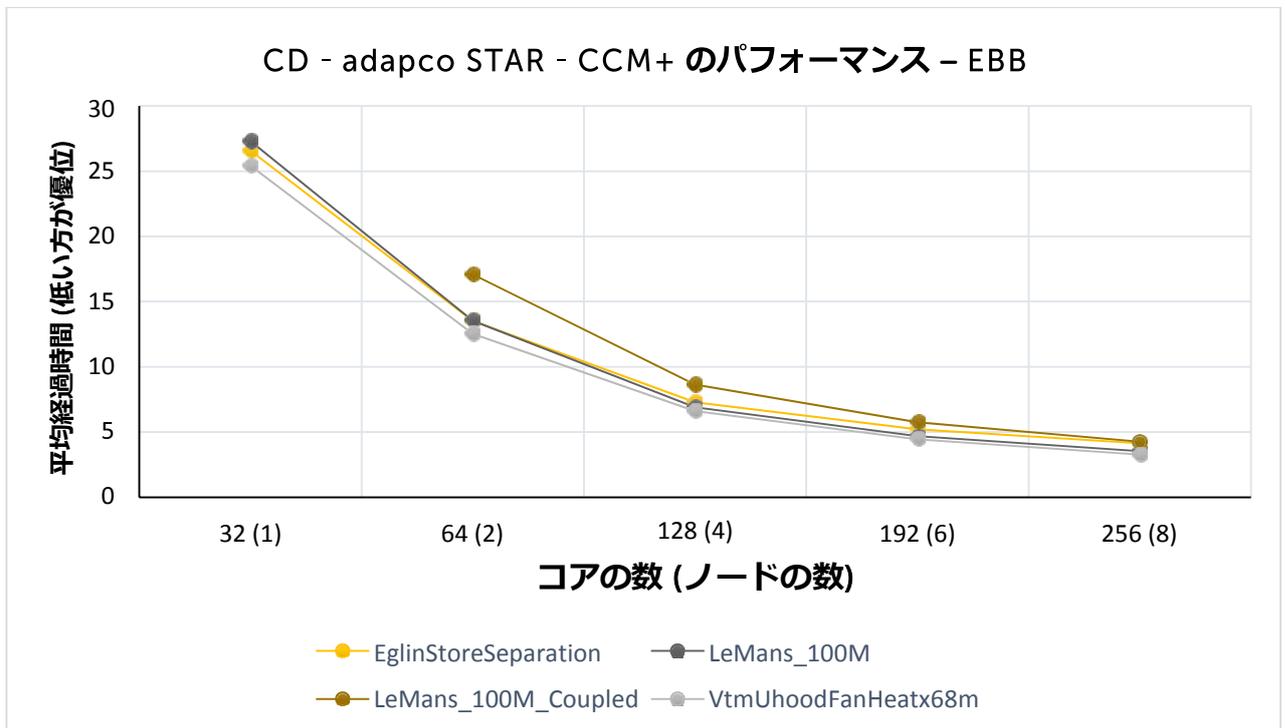


図27 CD - adapco STAR - CCM+ のパフォーマンス - EBB (2)

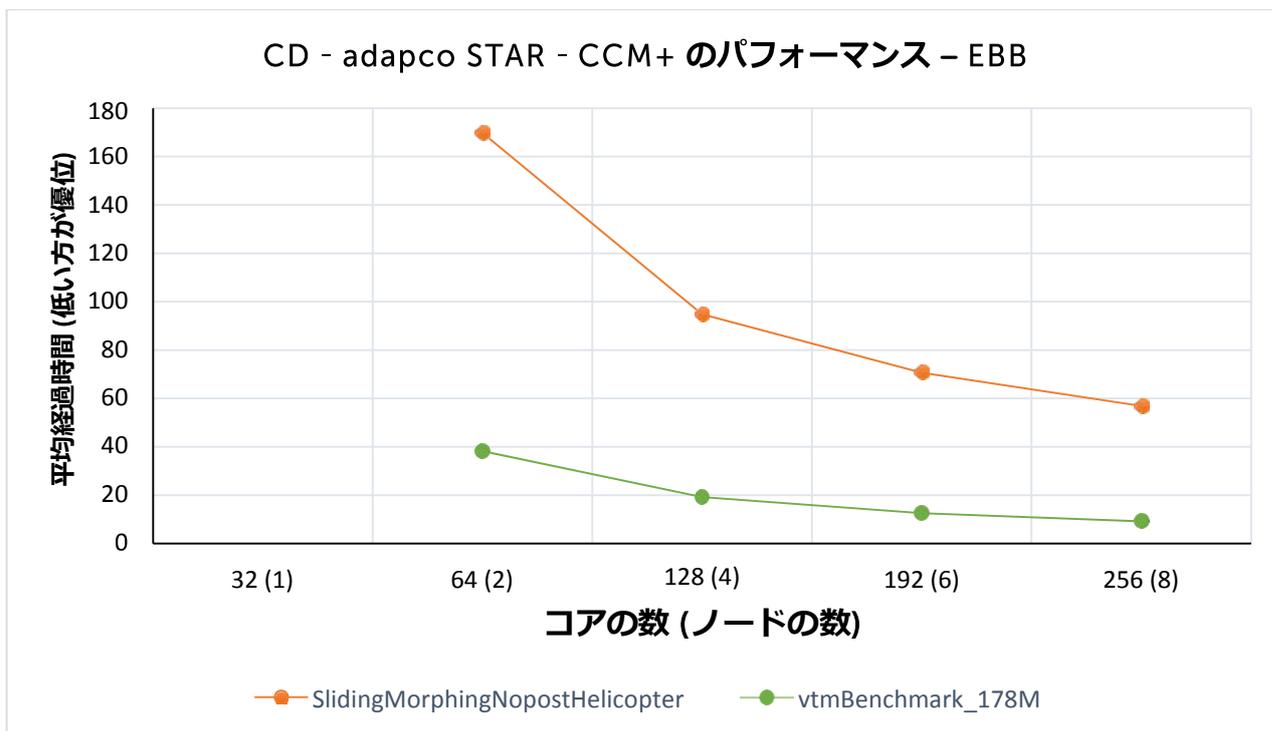


図28 CD - adapco STAR - CCM+ のパフォーマンス - EBB (3)

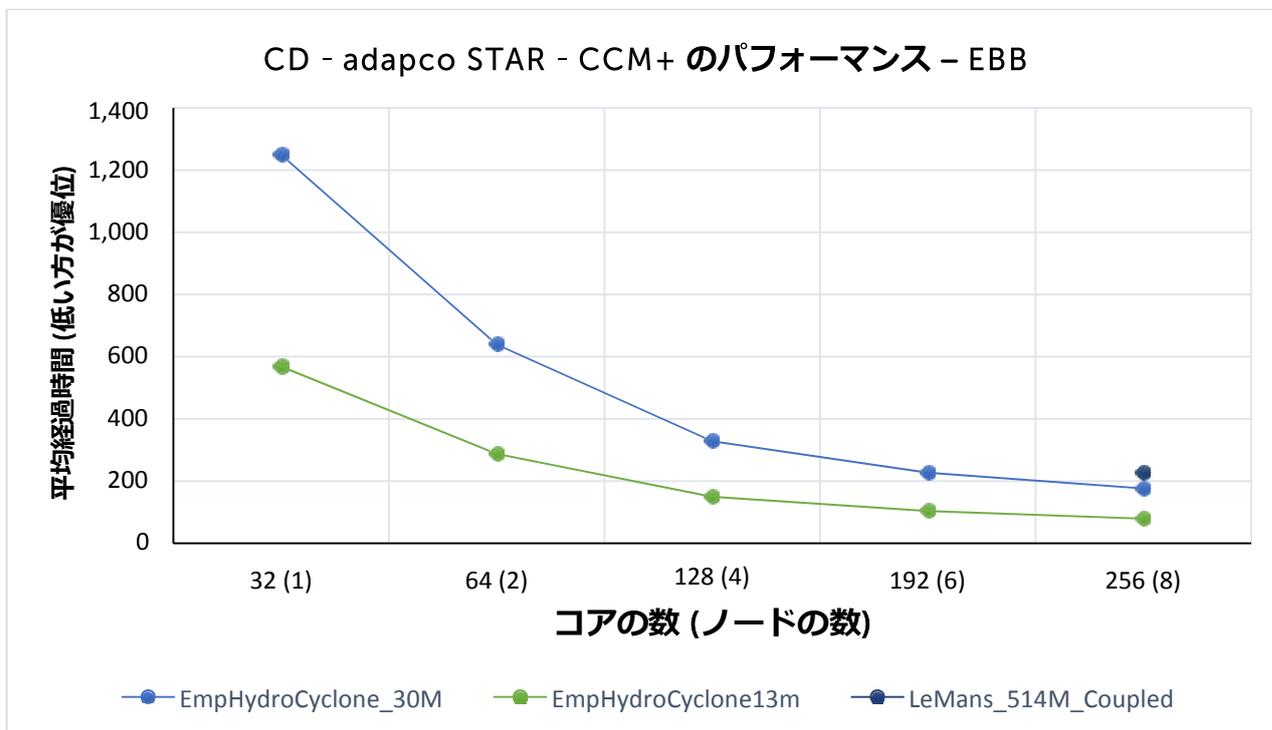


図29 CD - adapco STAR - CCM+ のパフォーマンス - EBB (4)

図30から図33は同じパフォーマンスデータを示していますが、2つのサーバを実行する必要がある問題の
 場合は、“32コア (1ノード)”の結果または“64コア (2ノード)”の結果を基準にしてプロットされています。これ
 によりソリューションのスケールリング、すなわちより多くのコアが分析に使用されるため、パフォーマンスの向上
 を容易に確認できます。問題のスケラビリティは、各問題のセル数と物理的性質に依存します。多くの問
 題ではスケールリングはほぼ直線的で、相対的なパフォーマンス値は256コアまたは8ノードで、8に近くなります。

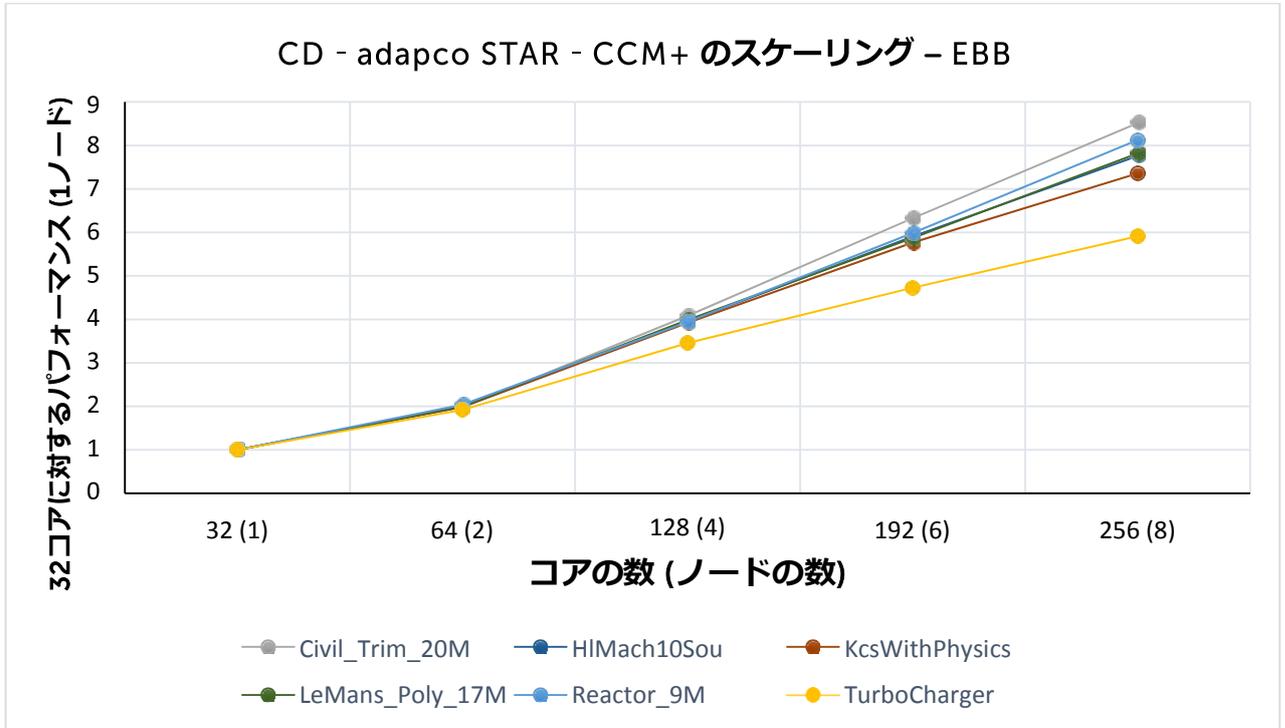


図30 CD - adapco STAR - CCM+ のスケールリング - EBB (1)

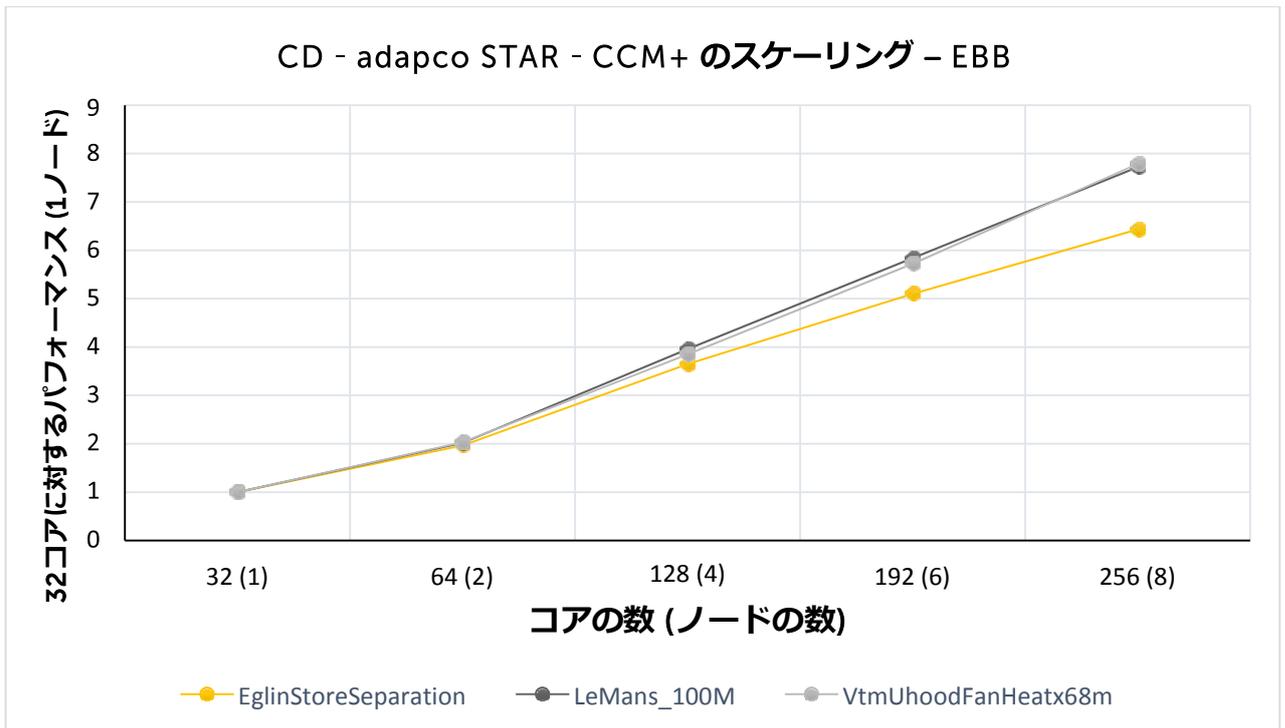


図31 CD - adapco STAR - CCM+ のスケーリング - EBB (2)

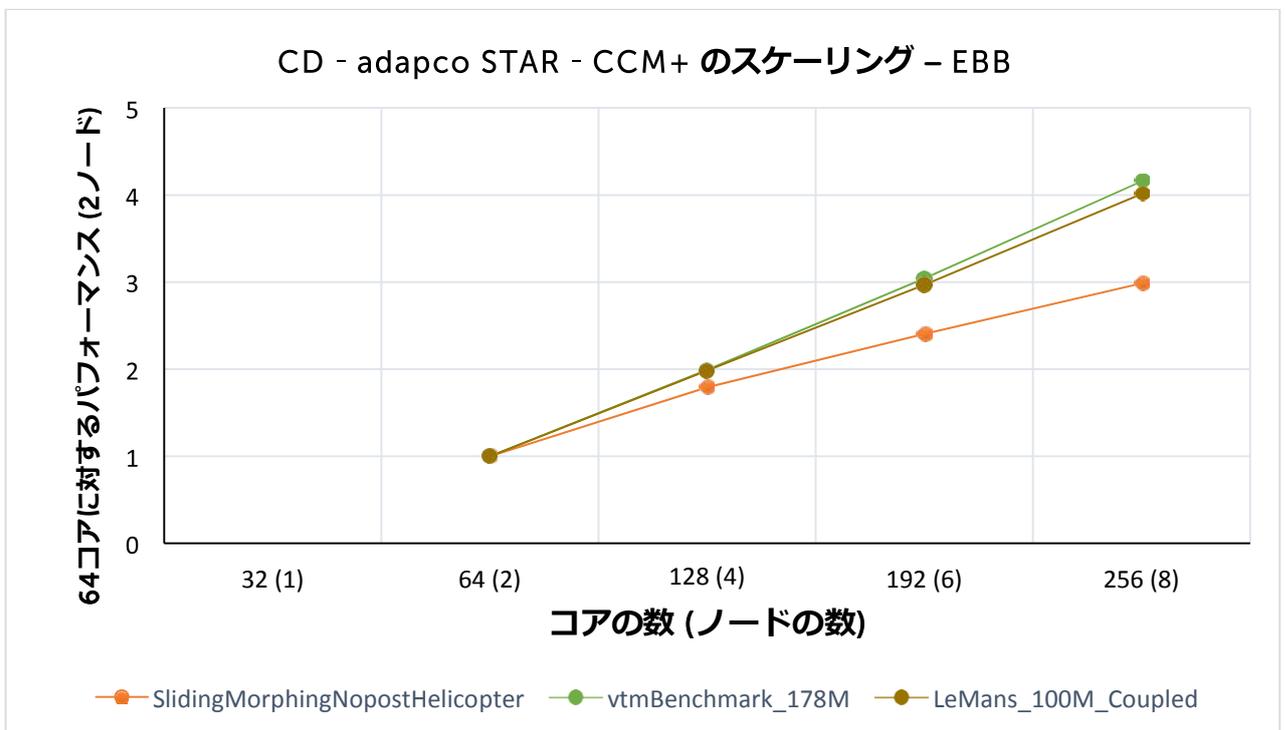


図32 CD - adapco STAR - CCM+ のスケーリング - EBB (3)

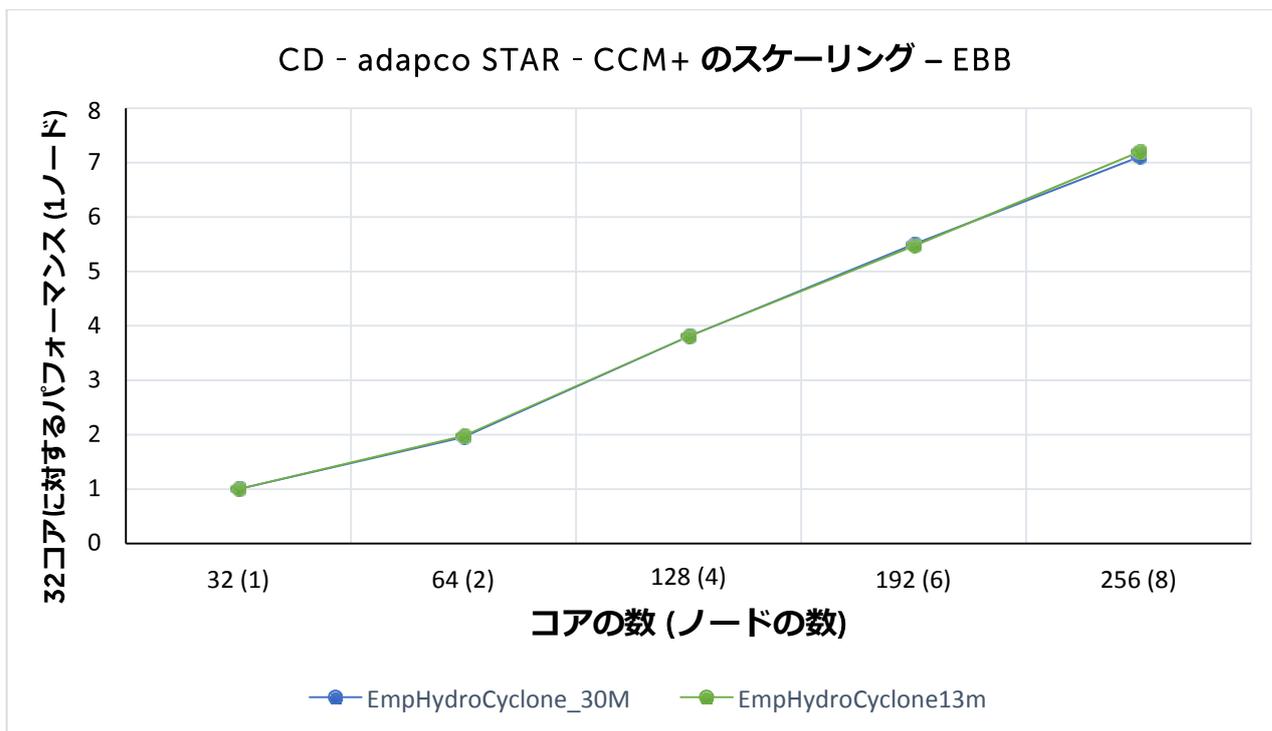


図33 CD - adapco STAR - CCM+ のスケーリング - EBB (4)

4.6 LSTC LS-DYNA

LSTC LS-DYNA は複数のエンジニアリング分野で一般的に使用されている、マルチフィジクス有限要素解析 (FEA) ソフトウェアです。特定の問題の種類に応じて FEA アプリケーションは複数のプロセッサコアとサーバで適切にスケーリングされる場合と、されない場合があります。ここで示した2つのベンチマーク問題は、陰解法ソルバよりもはるかに効率的にスケーリングする LS-DYNA 陽解法ソルバを使用しています。以降のセクションにおいて LS-DYNA の陽解法ソルバの特性は、このビルディングブロックのタイプに最も適している EBB システムのデータが示されています。

LS-DYNA のパフォーマンス結果は平均経過時間メトリックを使用して表示されます。このメトリックは LS-DYNA がレポートするシミュレーションの合計経過時間 (秒単位) です。値が小さいほどパフォーマンスが優れていることを意味します。

図34では、LS-DYNA Car2Car ベンチマーク3種類のコンピューティングビルディングブロックの相対的なパフォーマンスを示します。この比較で個々のビルディングブロックの全プロセッサコアが LS-DYNA 実行中に活用され、GPU は使用されません。この比較では LS-DYNA 陽解法ソルバの場合、アプリケーションのパフォーマンスが主にプロセッサのパフォーマンスによって決定されることを示しています。インテル Xeon E5- 2697A v4 プロセッサを EBB に使用することは LS-DYNA に対して適切な選択です。

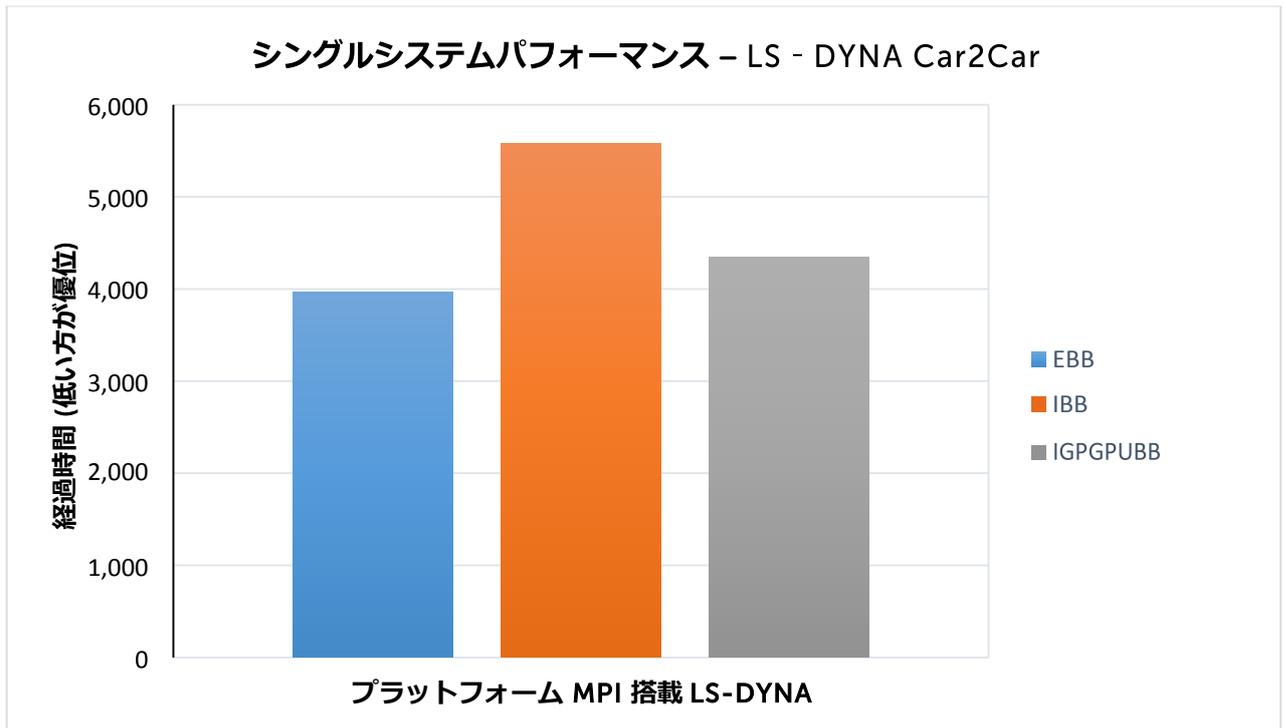


図34 個々のビルディングブロックのパフォーマンス - LSTC LS-DYNA

4.6.1 Car2Car

Car2Car のベンチマークは2つの車両衝突シミュレーションです。このベンチマークのモデルには現在の自動車産業の使用に比べて、比較的小さい240万の要素が含まれます。図35では、計測された23~256コアを使用した1~8個の EBB 上の Car2Car ベンチマークにおけるリファレンスシステムのパフォーマンスを示しています。グラフ上の各データポイントは、パラレルシミュレーションでx軸にマークされたコア数を使用してパフォーマンスを記録しています。

図36では "32コア (1ノード)" の結果と比較してプロットされた同じパフォーマンスデータを示しています。これによりソリューションのスケールアップ、すなわちより多くのコアが分析に使用されるため、パフォーマンスの向上を容易に確認できます。LS-DYNA の問題のスケールアップ性は接点やエアバッグなどの問題でシミュレーションされる要素の数やその他の機能に依存します。Car2Car のベンチマークは比較的小さい問題ですが、スケールアップは最大256コアまたは8ノードまで可能です。

この問題はインテル MPI と プラットフォーム MPI の両方を使用して実行されました。2つの MPI の実装から得られたパフォーマンスはほぼ同じでした。

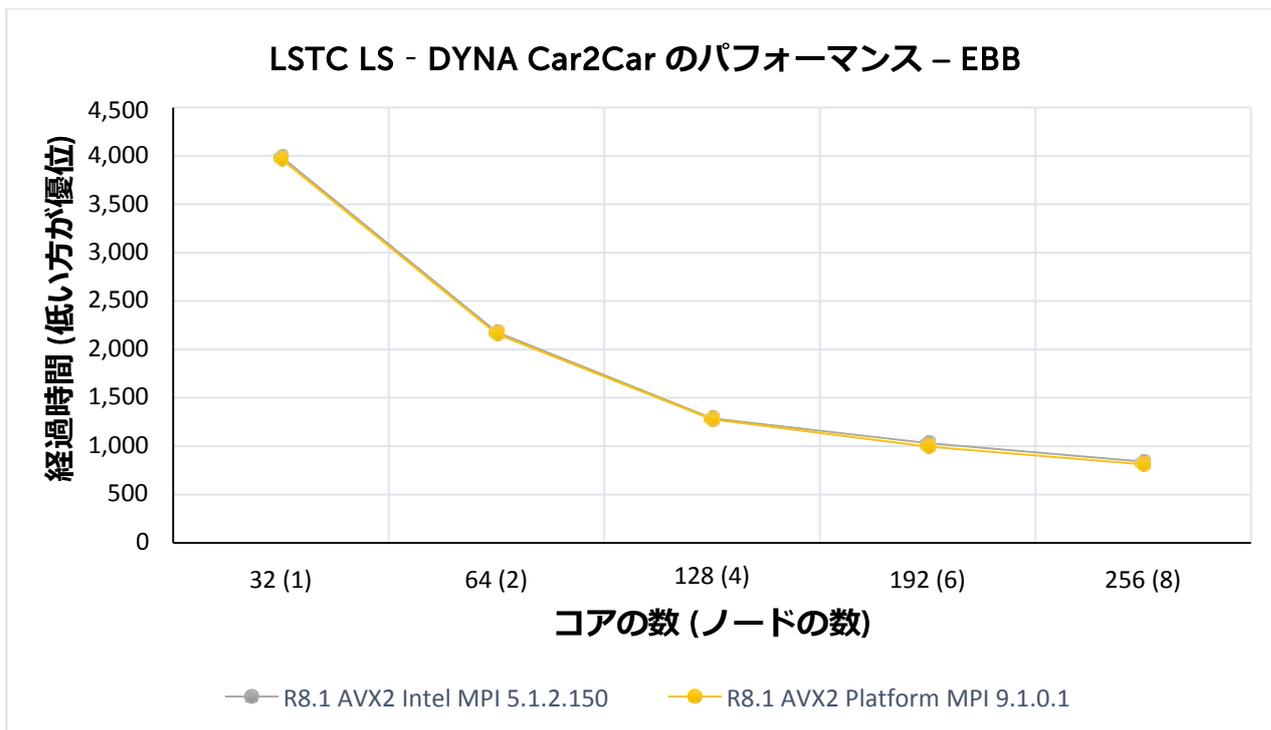


図35 LSTC LS - DYNA Car2Car のパフォーマンス - EBB

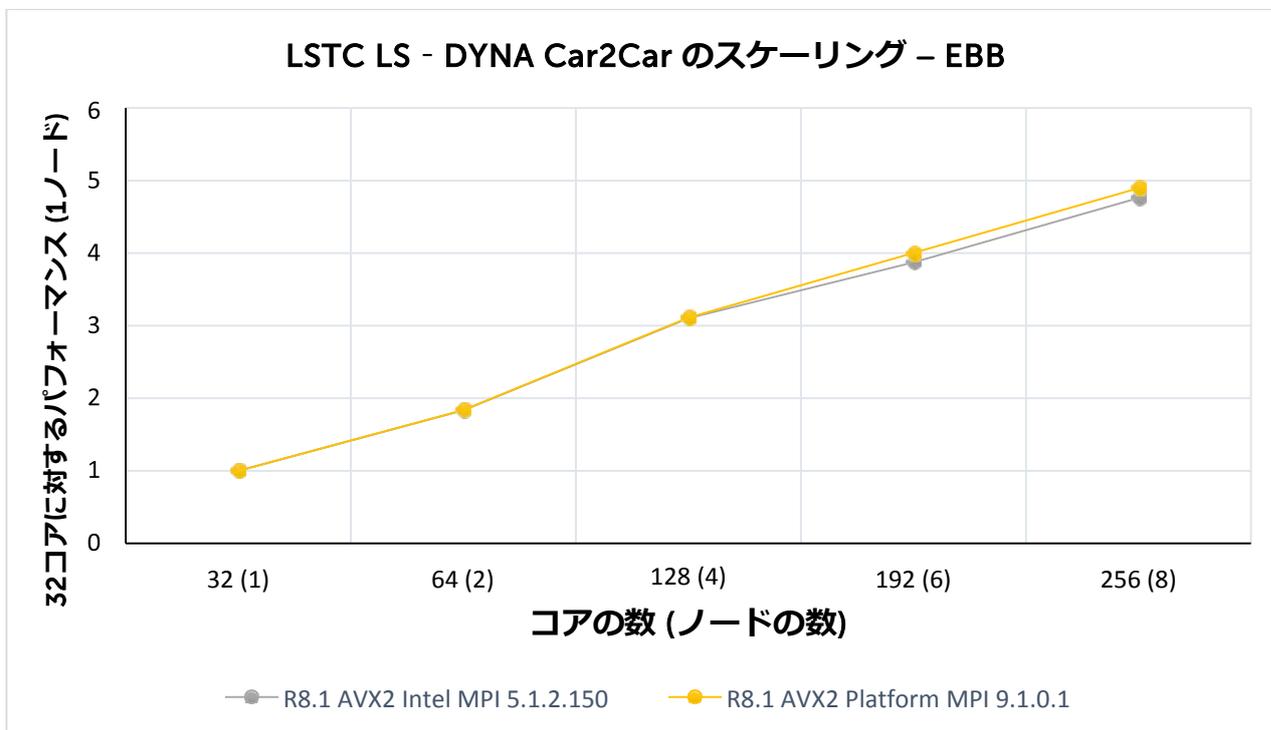


図36 LSTC LS - DYNA Car2Car のスケーリング - EBB

4.6.2 ODB-10M

ODB-10M ベンチマークは変形可能なオフセットバリアに衝突する車両のシミュレーションです。このベンチマークモデルには1,060万の要素が含まれます。図37では計測された23~256コアを使用した1~8個の EBB 上の ODB-10M ベンチマークにおけるリファレンスシステムのパフォーマンスを示しています。グラフ上の各データポイントは、パラレルシミュレーションでx軸にマークされたコア数を使用してパフォーマンスを記録しています。

図38では“32コア (1ノード)”の結果と比較してプロットされた同じパフォーマンスデータを示しています。これによりソリューションのスケールリング、すなわちより多くのコアが分析に使用されるため、パフォーマンスの向上を容易に確認できます。LS-DYNA の問題のスケールビリティは、接点やエアバッグなどの問題でシミュレーションされる要素の数やその他の機能に依存します。ODB-10M ベンチマークはより大きな問題であるため、Car2Car ベンチマークよりも若干優れています。

このベンチマークはインテル MPI と プラットフォーム MPI の両方を使用して実行されました。2つの MPI の実装から得られたパフォーマンスはほぼ同じでした。

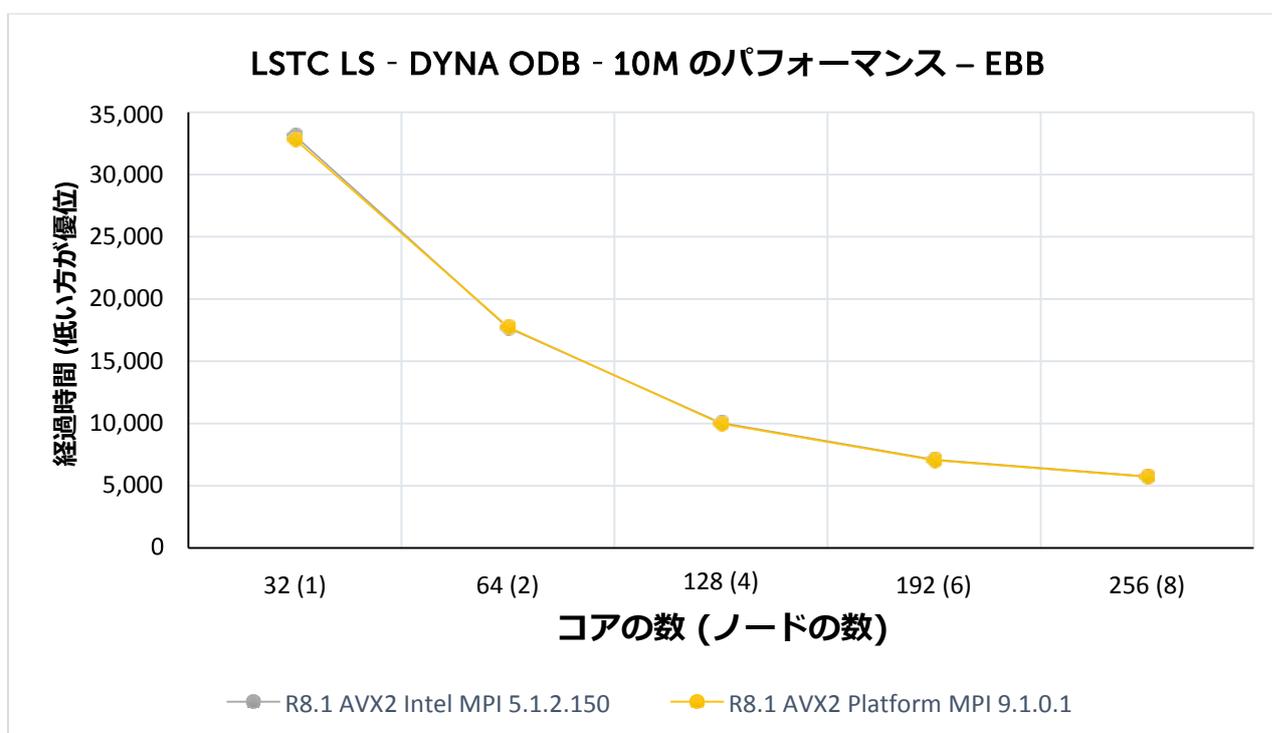


図37 LSTC LS - DYNA ODB - 10M のパフォーマンス - EBB

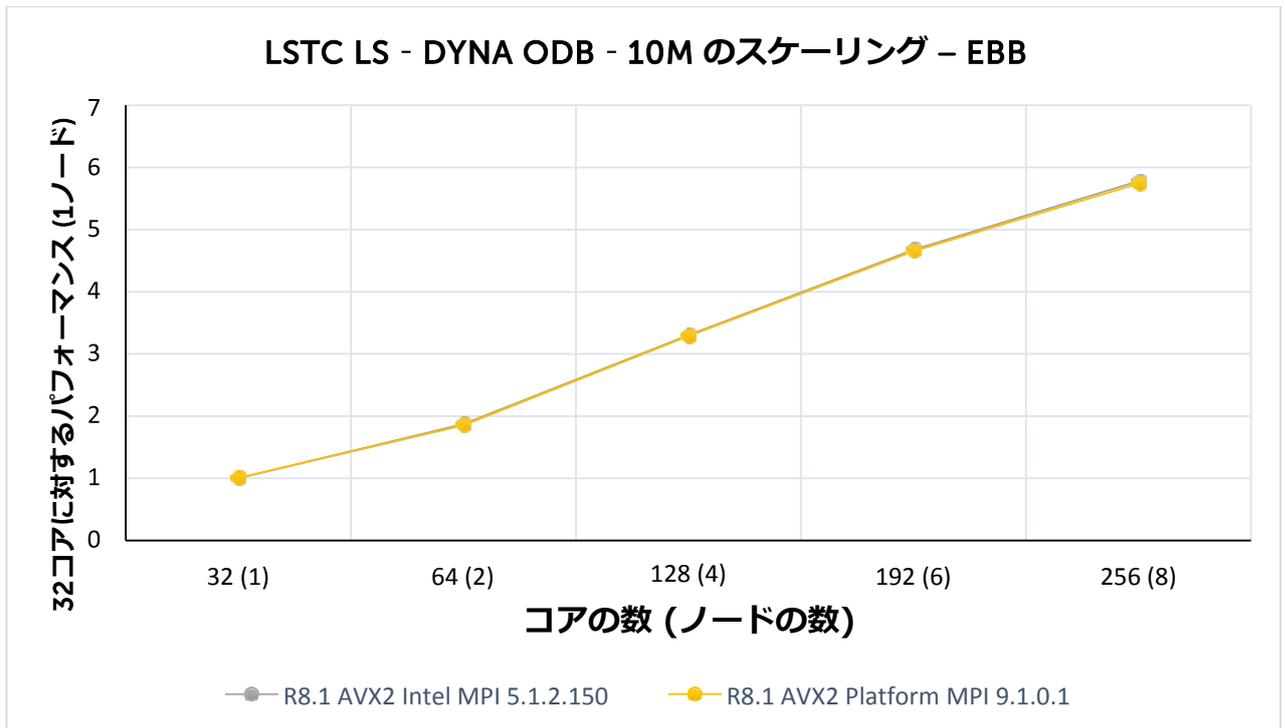


図38 LSTC LS - DYNA ODB - 10M のスケーリング - EBB

5 システムの電力要件

新しい機器を設置する際、電力要件と電力予算を考慮することは重要です。このセクションでは、セクション3で説明したさまざまなアプリケーションの3種のコンピューティングビルディングブロックで消費される電力をレポートします。このデータは計量ラック配電ユニット (PDU) を使用し、ベンチマーク中のビルディングブロックの実際の消費電力を記録して得られたものです。

Dell EMC HPC System for Manufacturing 向けに推奨されるシステムプロファイルは、パフォーマンスプロファイルです。このプロファイルはエネルギー効率よりもシステム性能に有利であり、DAPC のプロファイルと比較して通常数パーセントの向上をもたらします。全てのアプリケーションの電力測定はパフォーマンスプロファイルを使用して実行されました。アプリケーションの電力グラフは各ベンチマークのデータセット実行中に記録される平均およびピークの電力をプロットします。ベンチマークのデータセットの中には正確な電力測定の完了が速すぎるものがあるため、これらのベンチマークのデータはレポートされていません。

図39は3種のコンピューティングビルディングブロックにおけるアイドル時の消費電力の平均をプロットしたものです。パフォーマンスと DAPC プロファイルのアイドル時の消費電力には大きな違いがあるため、これらのシステムプロファイル両方においてアイドル時の電力を記録しました。レポートされたアイドル時の電力は、1つのサーバが各ビルディングブロックで消費する平均的なアイドル時の電力を示します。平均のアイドル時電力測定値は、各バーの上部に表示されます。

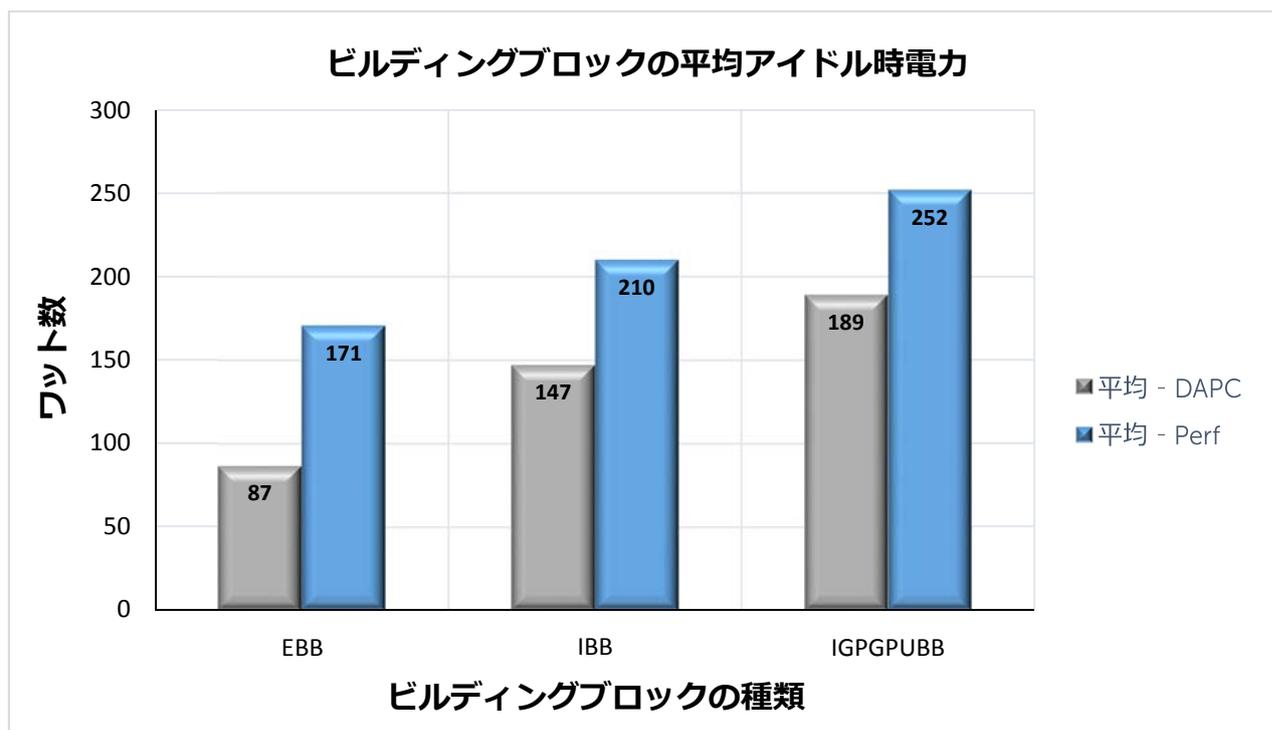


図39 ビルディングブロックの平均アイドル時電力

図40では HPL 実行中の3種のコンピューティングビルディングブロックの消費電力をプロットしています。HPL のピーク消費電力は負荷がかかっているシステムの最大消費電力であることがあります。ほとんどのアプリケーションは HPL ほどシステムにストレスを与えず、また HPL ほど電力を消費しません。これは、

このセクション後述のグラフからも明らかです。IGPGPUBB では HPL を CPU 上でのみ実行している間、および CUDA 対応バージョンの HPL で GPU を使用している間に消費電力を測定しました。グラフの平均電力のバー中央に平均電力、バーの上にピーク電力の測定値が表示されています。

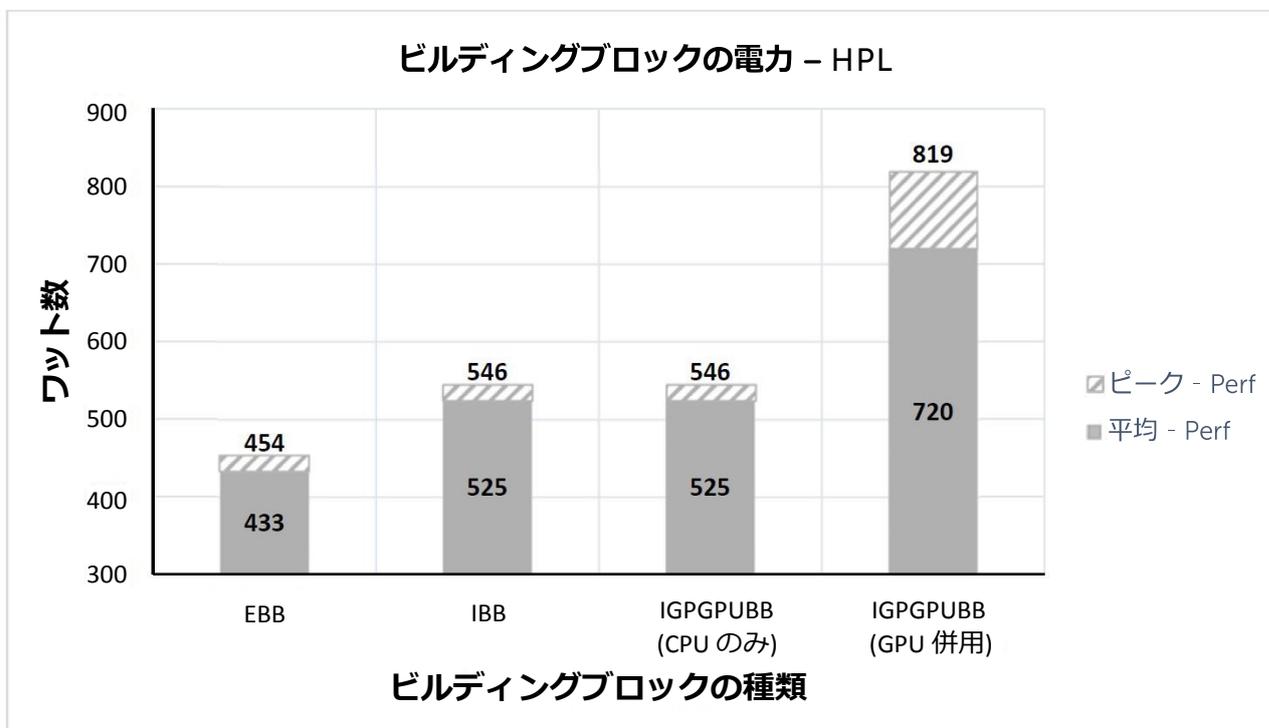


図40 ビルディングブロックの電力 - HPL

図41では選択した ANSYS Fluent のベンチマークデータセットを実行する際の、1つの EBB の消費電力をプロットしています。レポートされた値は256コアまたは8ノードを使用して Fluent を実行している間に、1つのビルディングブロックが必要とする電力です。グラフの平均電力のバー中央に平均電力、バーの上にピーク電力の測定値が表示されています。

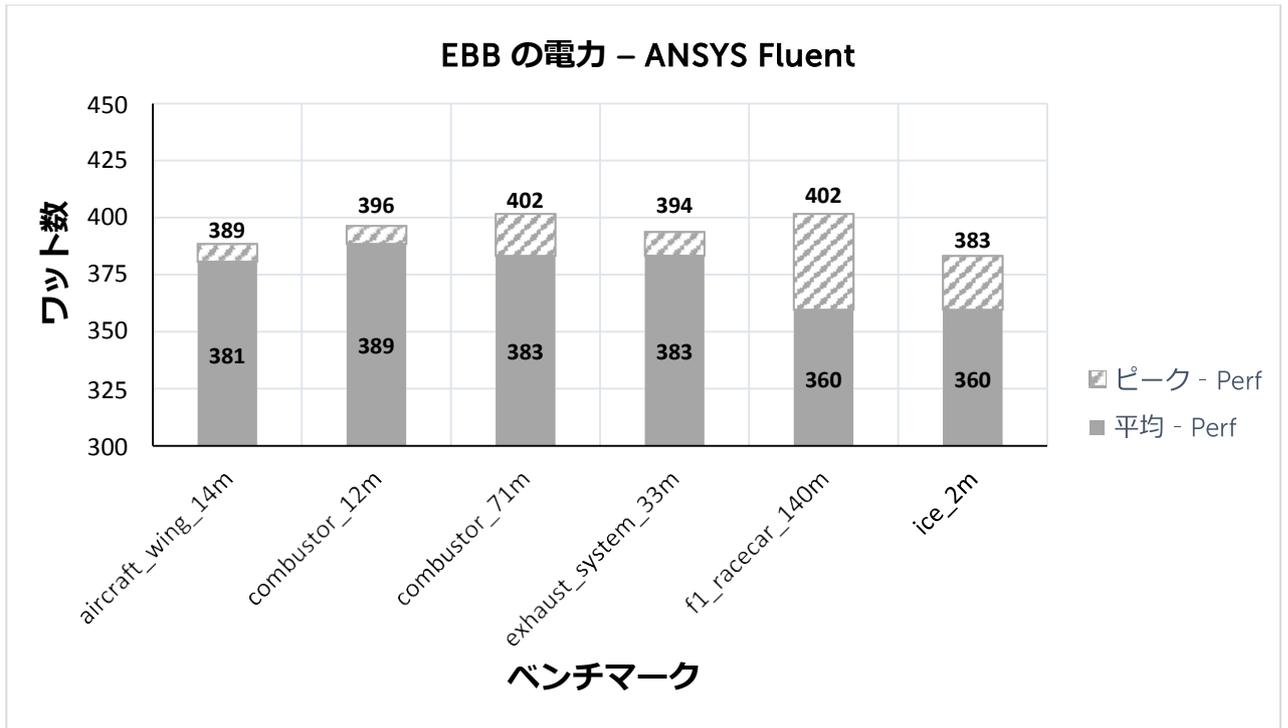


図41 EBB の電力 - ANSYS Fluent

図42、図43、および図44は ANSYS Mechanical のベンチマークデータセットを選択して実行した場合の3種のコンピューティングビルディングブロックの消費電力を示しています。ANSYS Mechanical の DMP ソルバをこれらの電力測定に使用しました。EBB では256コアまたは8ノードを使用する ANSYS Mechanical 実行中に、1つのビルディングブロックが必要とする電力がレポートされています。IBB ではサーバ内全ての CPU コアを使用して ANSYS Mechanical を実行しながら電力を測定しました。IGPGPUBB では全 CPU コアに両 GPU を加えた ANSYS Mechanical を実行しながら電力を測定しました。グラフの平均電力のバー中央に平均電力、バーの上にピーク電力の測定値が表示されています。

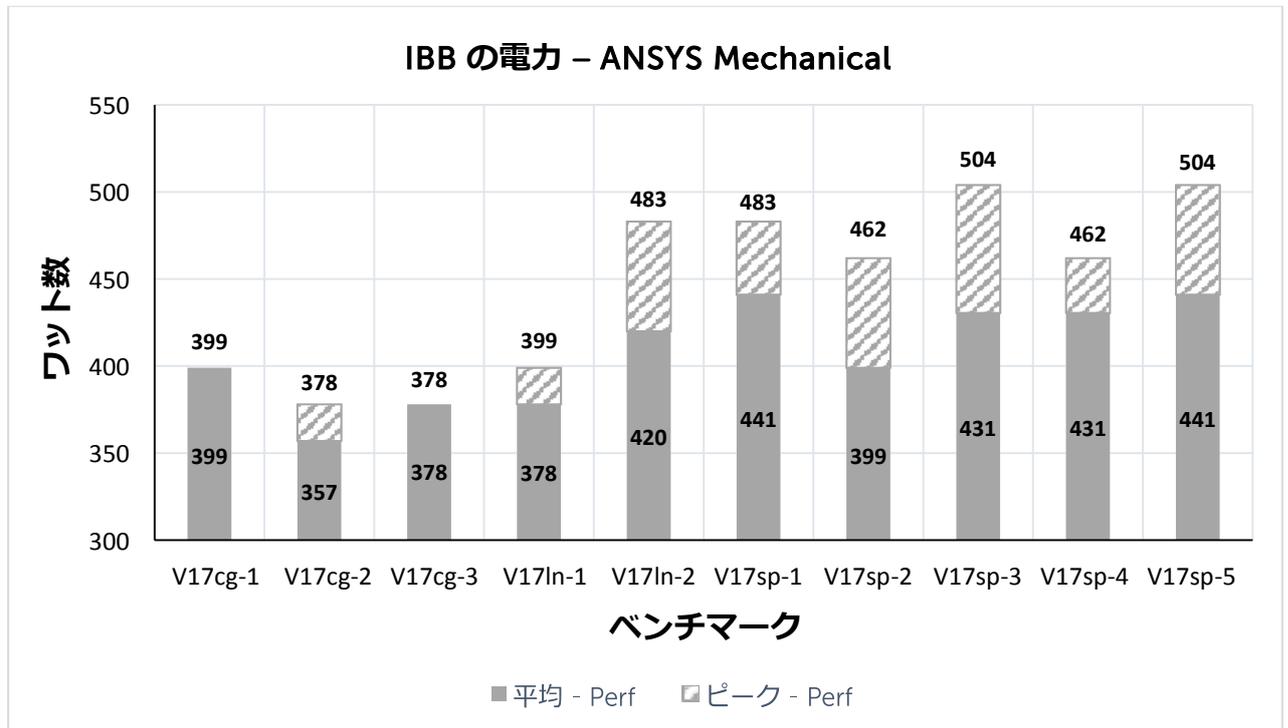
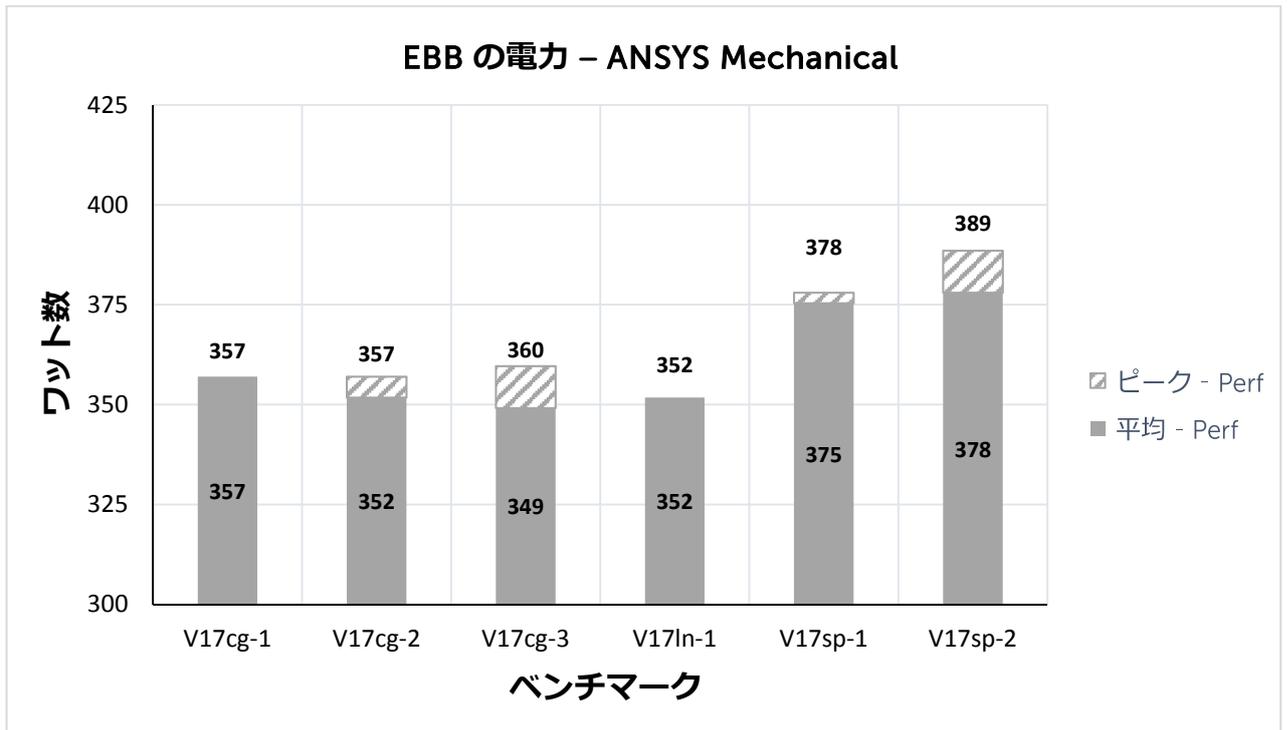


図43 IBB の電力 - ANSYS Mechanical

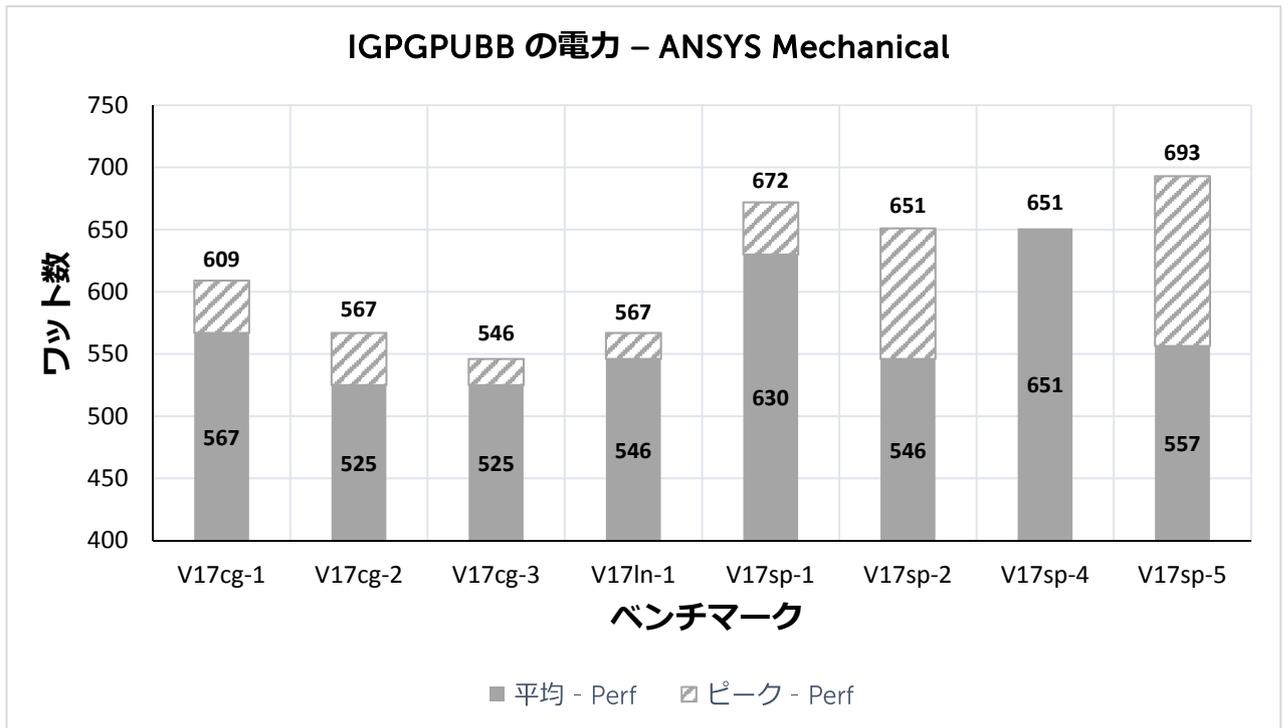


図44 IGPGPUBB の電力 - ANSYS Mechanical

図45では CD-adapco STAR-CCM + のベンチマークデータセットを選択して実行した場合の、1つの EBB の消費電力を示しています。レポートされた値は256コアまたは8ノードを使用する STAR- CCM + の実行中に、1つのビルディングブロックが必要とする電力です。グラフの平均電力のバー中央に平均電力、バーの上にピーク電力の測定値が表示されています。

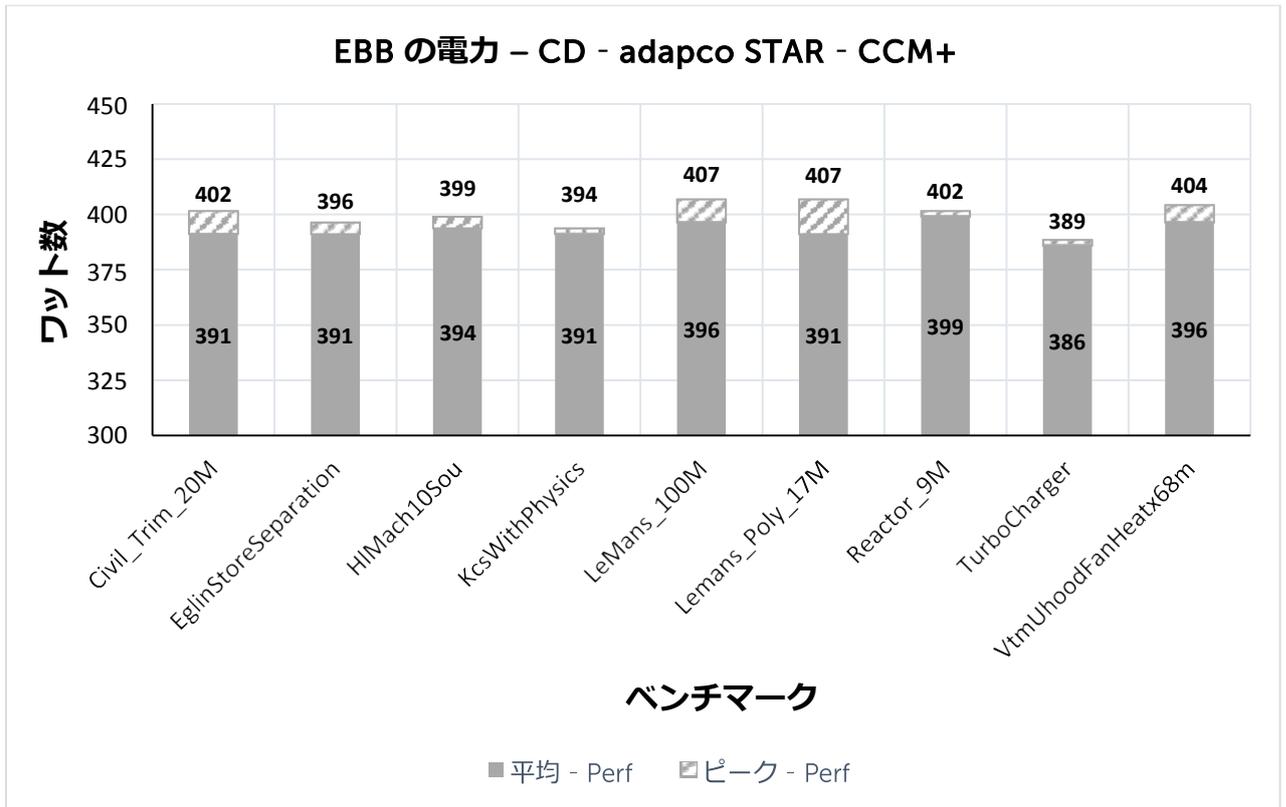


図45 EBB の電力 - CD - adapco STAR - CCM+

図46では LSTC LS-DYNA のベンチマークデータセットを実行する際の、1つの EBB の消費電力をプロットしています。レポートされた値は256コアまたは8ノードを使用して LS- DYNA を実行している間に、1つのビルディングブロックが必要とする電力です。グラフの平均電力のバー中央に平均電力、バーの上にピーク電力の測定値が表示されています。

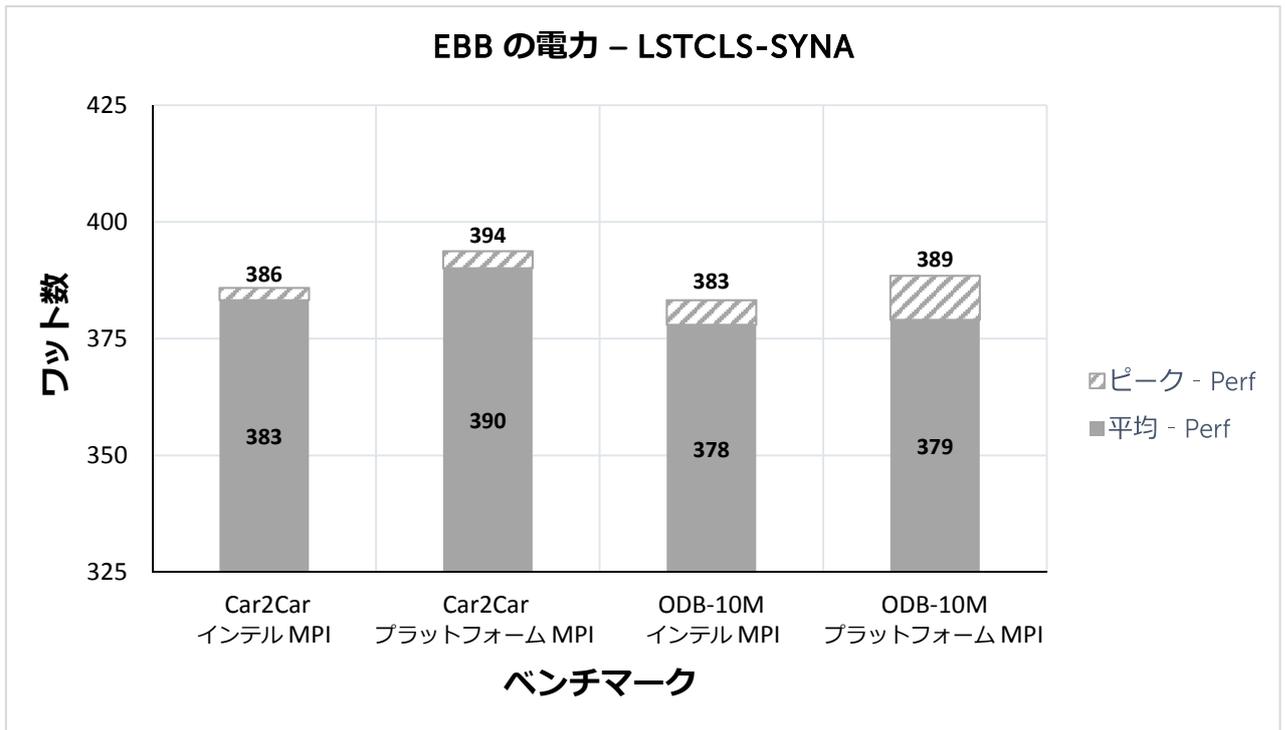


図46 EBB の電力 - LSTCLS-SYNA

6 仮想デスクトップインフラストラクチャ

PowerEdge R730 VDI サーバは、セクション2.5で触れられた通り構成されたリファレンスシステムに含まれていました。VDI サーバを評価するため NICE EngineFrame および Desktop Cloud Visualization (DCV) がリファレンスシステムにインストールされました。

NICE EnginFrame および DCV ソリューションは、HPC ジョブサブミッション、コントロール、監視と同様、リモートビジュアライゼーションソフトウェアおよびリモートビジュアライゼーションセッションの管理グリッドポータルを提供します。NICE EnginFrame はグリッドポータルコンポーネントです。この評価のため、EnginFrame 2015.1 r38894 がクラスタマスターノードにインストールされました。NICE DCV はスタンダードネットワーク上の 2D および 3D アプリケーションへのリモートアクセスを可能にし、3D アプリケーション向けの GPU アクセラレーションを提供します。DCV 2016.0 r16811 が VDI サーバにインストールされました。

NICE のリモートビジュアライゼーションソリューションにより、EnginFrame は主にリモートビジュアライゼーションセッションの管理を提供し、DCV コンポーネントのパフォーマンスに影響を与えません。この評価のため、EnginFrame は正常な動作およびシステム全体との正常な統合を検証するためにテストされました。また、VDI サーバ上のリモートデスクトップセッションを管理するためにも使用されました。アクティブな Linux のデスクトップセッションを示す EnginFrame VIEWS ポータルのスクリーンショットが図47に示されています。

表6に示されている通り、さまざまなアプリケーションとデータセットを使用して DCV の動作を検証しました。この評価は NICE ソリューションの安定性や正確な運用と、LAN および WAN 両環境における相互的アプリケーションパフォーマンスの定性的評価に重点を置いていました。評価に使用されたいくつかのアプリケーションとデータセットを示すスクリーンショットが図48～図50に示されています。

表6 DCV 評価ソフトウェア

ソフトウェア	バージョン	データセット
LSTC LS-PrePost	4.3_centos7	car2car-ver10 ODB10M-ver14
ANSYS Fluent	v17.1	JetDemo small-indy
BETA CAE mETA Post	v16.1.0	OpenFOAM 2.4.0 motorBike
glmark2	2014.03	OpenGL ES 2.0

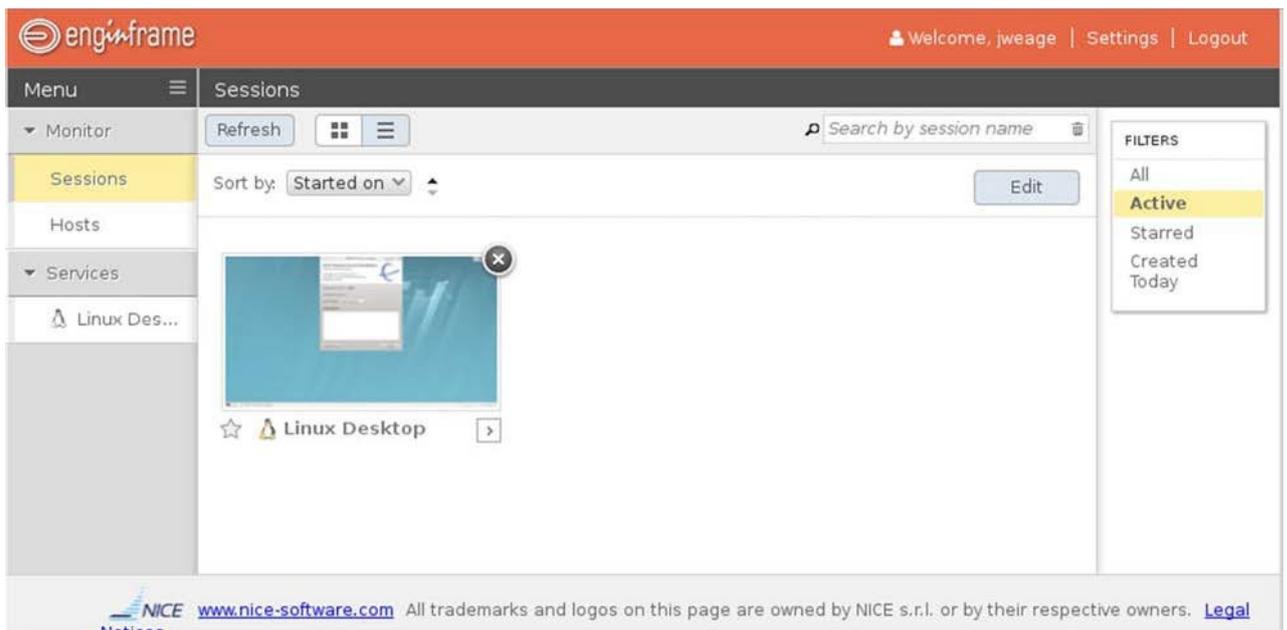


図47 NICE EnginFrame VIEWS ポータル

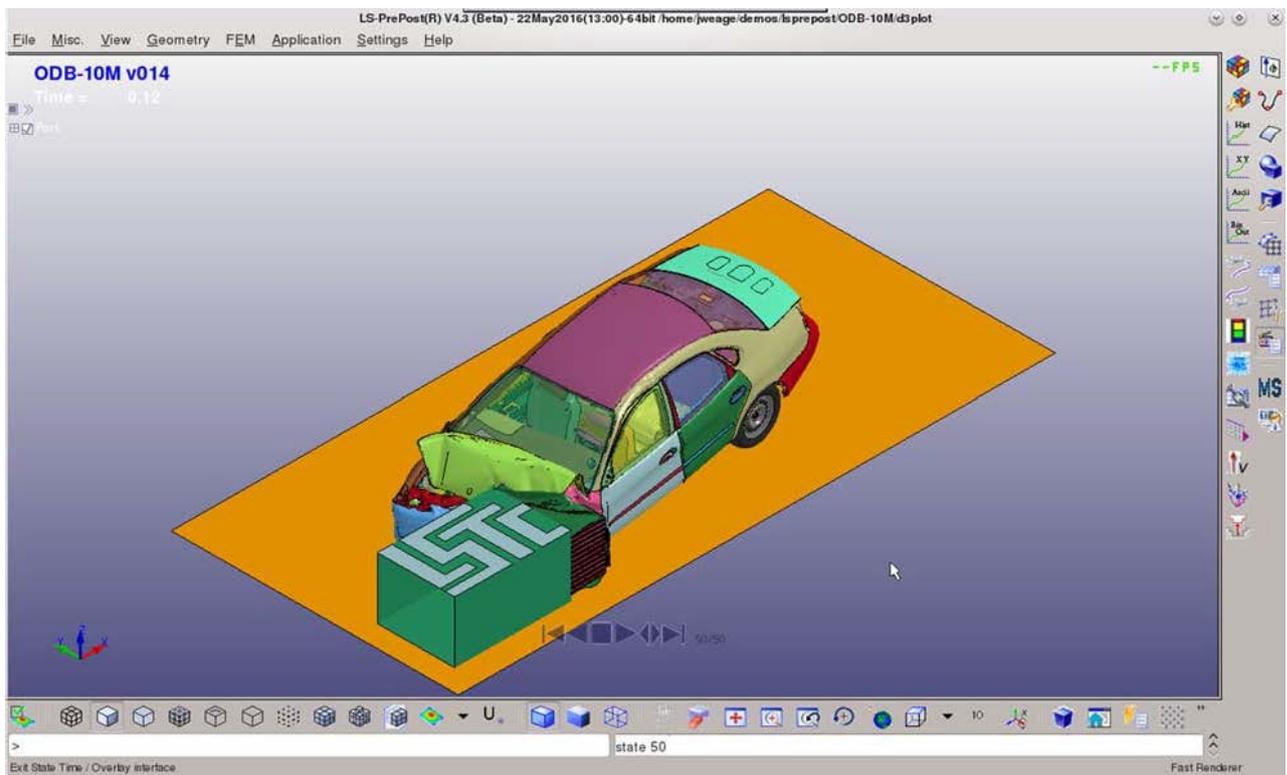


図48 ODB-10M 搭載 LS-PrePost

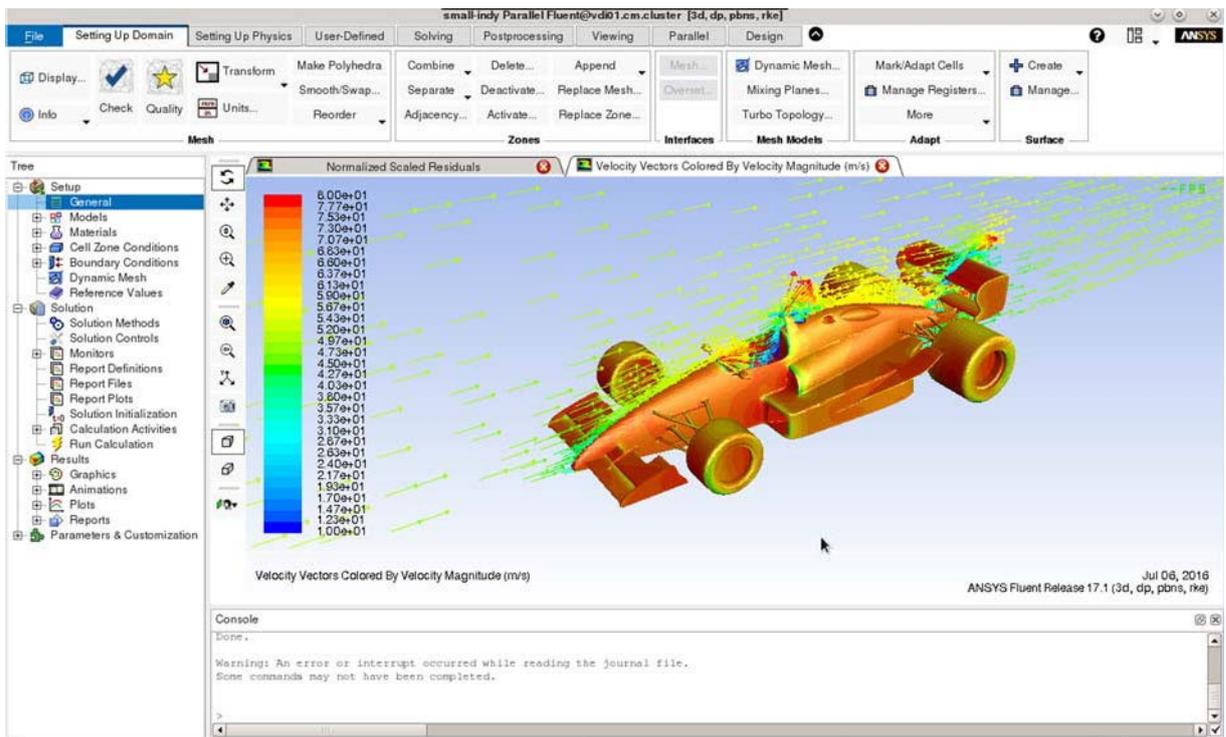


図49 small-indy における Fluent

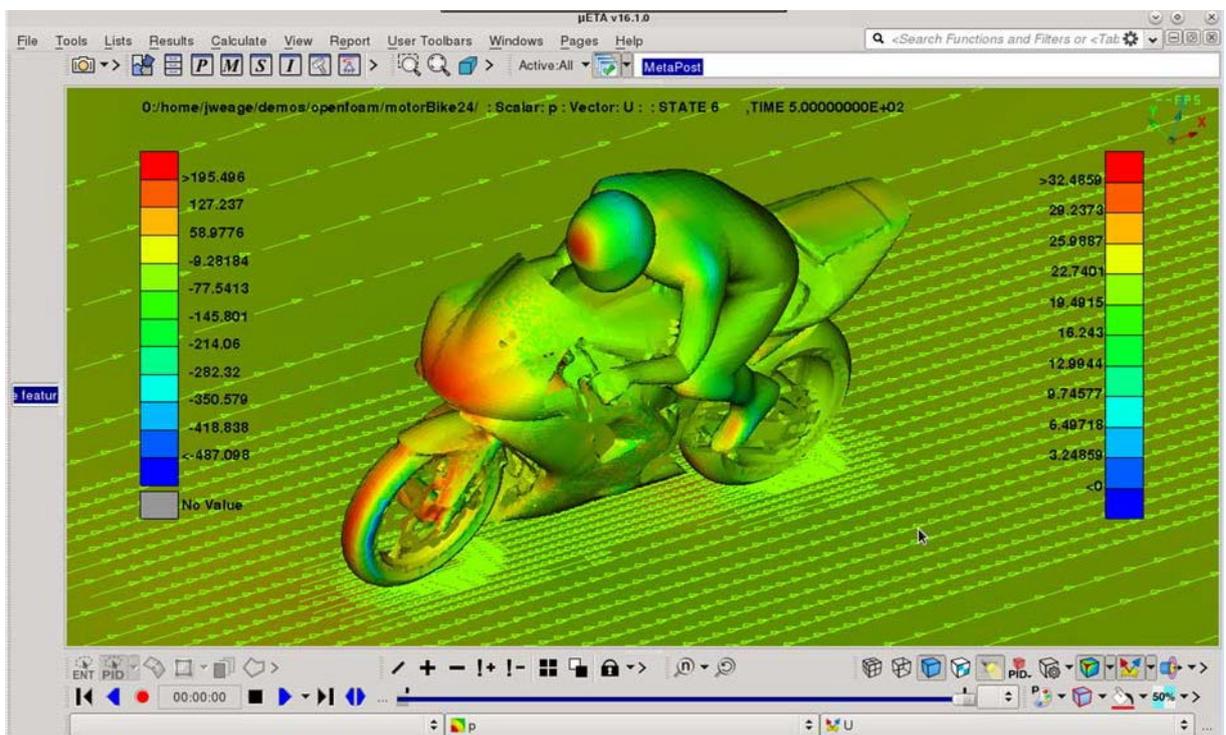


図50 motorbike における META

NICE DCV Endstation クライアントの機能の1つは、図51に示す DCV コンソールです。コンソールはエンドユーザがスライダーを使用して、品質とネットワーク帯域幅の使用率の動的な調整、およびクライアントが使用している帯域幅の監視を可能にします。ほとんどの使用では 60% の設定で帯域幅の使用と画質のバランスが良くなります。NICE DCV ソリューションの便利な機能の1つは、ディスプレイの更新が停止した後クライアントに配信される最終的なイメージが、品質レベル設定に関係なく常にロスレスなことです。これにより、静止画像が常にクライアント上で完全な品質で表示されることを確実にします。

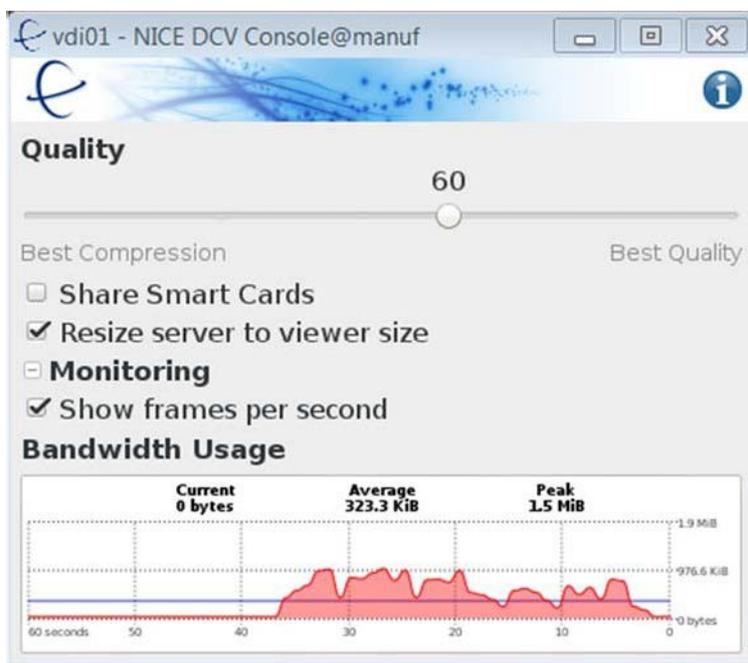


図51 NICE DCV Endstation Console

テストのために 60% の品質設定がクライアントに対して使用されました。LAN 設定では大きな帯域幅および低レイテンシで、リモートアプリケーションの応答性およびレンダリングのパフォーマンスは非常に良好でした。WAN 環境ではネットワーク遅延時間が約 150ms 以下に留まり、十分なネットワーク帯域幅が利用できる限りはアプリケーションの応答性およびレンダリングのパフォーマンスも非常に優れていました。ネットワーク遅延時間が約 150ms を超過する場合、アプリケーション応答の遅延が顕著になります。これは予期された動作であり、NICE は高レイテンシネットワーク環境で使用する場合、DCV 構成パラメータの一部を変更することを推奨していますが、これらの変更は低レイテンシネットワークの応答時間を増やすため、ほとんどの使用シナリオでは推奨されていません。

一般的なアプリケーションにおける、60% の品質レベルでの平均的なネットワーク帯域幅使用率は、表示更新中は 150~800KiBps の範囲内で、静止画の場合は 0kb/s まで低下しました。テストされた全アプリケーションのピーク時におけるネットワーク帯域幅は、60% の品質設定で約 1.0MiBps でした。より高品質な設定では、平均的なネットワーク帯域幅が徐々に増加し、90% かロスレス設定まで帯域幅使用率が大幅に増加しました。

全体として NICE DCV ソリューションは優れたパフォーマンスを発揮し、リモートビジュアライゼーションユーザにとって優れたソリューションを提供します。

7 まとめ

このテクニカルホワイトペーパーは、Dell EMC HPC System for Manufacturing の検証済みアーキテクチャを紹介しています。ビルディングブロックの詳細な分析は、システムが製造分野向けの包括的な HPC ソリューションを提供できるよう、特定の目的のために設計されていることを示しています。この設計はアカウント計算処理、ストレージ、ネットワーク、ビジュアライゼーションおよびソフトウェア要件を含み、インストールサービスおよびサポートを簡単に利用できるよう、インストール、構成および管理が容易なソリューションを提供します。

パフォーマンスのベンチマークは、システム設計に影響を与え、製造分野に関連するアプリケーション向けシステムで実際に測定された結果を提供しています。さらに、このソリューション向けに電力バジェットを可能にするため、システムの電力データが表示されます。